



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA

ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE EMPRENDIMIENTOS ESTUDIANTILES BASADOS EN EL USO DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN BIOTECNOLOGÍA

LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

PROFESOR GUÍA
ÁLVARO OLIVERA NAPPA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
FELIPE DÍAZ ALVARADO
FRANCISCO MOLINA JARA
BLANCA VELASCO VILLAFANA

SANTIAGO DE CHILE
2016

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil en Biotecnología.
POR: Luis Eduardo Rodríguez Hernández
FECHA: 7/12/2016
PROFESOR GUÍA: Álvaro Olivera Nappa

ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE EMPRENDIMIENTOS ESTUDIANTILES BASADOS EN EL USO DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

Actualmente, los adelantos de la biotecnología se encuentran impulsados por las nuevas herramientas que provee la biología sintética para simplificar y acelerar el diseño, creación y control de organismos genéticamente modificados. En Chile existen algunos avances, pero pocos en el área productiva; sólo cerca de un 0,02% de las empresas del país son de biotecnología, reflejando la baja masa crítica existente en el país. No obstante, Chile se encuentra en una transición de cambio cultural y social para promover la innovación y emprendimiento, oportunidad que puede ser aprovechada por estudiantes para impulsar el desarrollo de nuevas organizaciones biotecnológicas.

De esta manera, el objetivo principal de este trabajo es generar las bases de una metodología (guía) que permita orientar el desarrollo de emprendimientos estudiantiles en biotecnología, basados en la aplicación de la biología sintética como herramienta de diseño y experimentación. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas, primero se diseña una propuesta preliminar de la guía y luego se realizan entrevistas a personas que actualmente se encuentran emprendiendo en biotecnología para mejorar la propuesta. En paralelo, se realiza una primera caracterización del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile en torno a la participación estudiantil extra-académica, desde el punto de vista de académicos y de estudiantes. Principalmente se obtiene que el Departamento no influye directamente en el proceso de participación de los estudiantes, que la falta de tiempo es la mayor limitante para los alumnos y que existiría la posibilidad de integrar la innovación y emprendimiento como un camino formativo alternativo para los estudiantes del DIQBT; sobre todo para aquellos de la carrera de Ing. civil en Biotecnología.

La metodología elaborada consta de 9 etapas: 1) Comenzar el viaje, 2) Formar un equipo de trabajo, 3) Identificar una problemática, 4) Validar una propuesta de solución, 5) Establecer el modelo de negocios, 6) Diseñar el proyecto, 7) Buscar recursos, 8) Prototipar y 9) Continuar el viaje. Para cada etapa se realiza una descripción general del proceso, se define un hito de éxito y se incluyen lecturas sugeridas. Junto con la guía se entregan dos diagramas visuales para facilitar el entendimiento del proceso; uno de ellos detalla la ruta de cada etapa aproximándose a un algoritmo de decisión. Cabe destacar que la etapa N°6 presenta los pasos básicos que permiten iniciar el diseño de un sistema biológico: determinación de estímulos, respuestas y organismos, definición del circuito de regulación genética y uso del modelamiento matemático.

Si bien la metodología puede ser mejorada, en un contexto universitario podría ser aplicada hasta la etapa N°6, mientras que las etapas N°7, 8 y 9 requieren de otras herramientas que no son tan fáciles de acceder para un alumno. Además, aunque la propuesta se plantea para estudiantes de la FCFM, tiene el potencial de ser aplicada en otros contextos como también por otras personas que no necesariamente sean estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Hace un tiempo venía pensando en cómo completaría esta sección de mi trabajo. Mi ánimo innovador me instaba a pensar en alguna manera nueva de abordar estos agradecimientos. No obstante, llegué a la conclusión de que a veces es genial mantener las buenas tradiciones.

Siento que destinar una página es insuficiente para poder agradecer completamente a todas las personas que de alguna manera influyeron en mi formación para llegar a este punto. Sin embargo, quiero reconocer a aquellas que tuvieron un gran valor para mí durante este proceso.

Partiré agradeciendo enormemente a toda mi familia, con especial énfasis a mis padres que siempre han dado todo por mis hermanos y por mí. Más de 25 años esforzándose por darnos lo mejor. Sinceramente muchas gracias por darme la oportunidad de estudiar lo que quisiera, donde quisiera y cómo quisiera. A pesar de la distancia geográfica, siempre los sentí muy cerca. También gracias a mi hermano José por hacerme reír con sus ingeniosas historias chistosas y a Francisco por sorprenderme con sus novedosos (locos) inventos. Mención especial a mis primas Ana y Spanishel por apoyarnos mutuamente acá en Santiago, y a Ma. Francisca por presentarme la existencia de esta “extraña” carrera.

En segundo lugar quisiera agradecer a mis profesores de carrera, sobre todo a quienes decidieron ser parte de mi comisión de titulación. Agradecimientos especiales a mi profesor guía, Álvaro, quien desde un inicio creyó y me apoyó para sacar adelante este trabajo, relativamente “inusual” para un ingeniero civil en biotecnología tradicional. Reconocimiento especial a Natalia Zisis por su gran voluntad y disposición a colaborar con el diseño y análisis de las entrevistas y encuestas realizadas en mi trabajo, y por supuesto también a quienes me concedieron las entrevistas y respondieron la encuesta.

En tercer lugar, como no agradecer a todas las personas que me acompañaron desde mi ingreso a la universidad. Gracias a los copiapinos (oriundos y convertidos): Chalo, Drés, Suave, Maty y Nacho, quienes han estado allí desde el inicio (algunos incluso desde el colegio), gracias por hacer más ameno el despreciable plan común, se los debo! jaja. Muchos agradecimientos también a mi generación de IQBT por tantos estudios, informes, proyectos, paseos, carretes, conversaciones, etc. Si bien no con todos logré la misma cercanía, de igual forma aprendí varias cosas de ustedes, así que de verdad les agradezco a todos por su amistad. De la misma manera, agradecer a todos los miembros de OpenBio UChile por creer y colaborar a levantar este proyecto por ya 3 años. Mención especial al equipo iGEM 2015 (1er equipo de la UChile jaja), pues fue un proceso lleno de experiencias y aprendizajes de todo tipo que nunca olvidaré, gracias por su comprensión, paciencia y apoyo. Mucho éxito a quienes sigan haciendo de OpenBio UChile un buen ambiente y equipo de trabajo por varios años más.

Finalmente, quisiera agradecer a la Universidad (en general), porque directa o indirectamente gracias a ella aprendí que, paradójicamente, lo más importante al pasar por la universidad no son los estudios, sino que la generación de valiosas experiencias, aprendizajes y relaciones humanas que difícilmente serán evaluadas con un lápiz y papel.

¡Muchas gracias a tod@s!

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes generales.....	1
1.1.1	Contexto mundial.....	1
1.1.2	Contexto chileno.....	5
1.2	Motivación del trabajo.....	7
1.3	Pertinencia del trabajo.....	8
1.3.1	¿Por qué emprender?.....	8
1.3.2	¿Por qué en estudiantes?.....	10
1.3.3	¿Por qué en estudiantes de ingeniería?.....	10
1.4	Objetivos.....	13
1.4.1	General.....	13
1.4.2	Específicos.....	13
1.5	Alcance del trabajo.....	13
2	MARCO TEÓRICO	15
2.1	Biología.....	15
2.1.1	Industria biotecnológica internacional.....	15
2.1.2	Industria biotecnológica chilena.....	16
2.1.3	Fortalezas y debilidades de la biología.....	17
2.2	Ecosistema de innovación y emprendimiento en biología.....	20
2.2.1	Antecedentes generales y definiciones.....	20
2.2.2	Actores de un ecosistema de innovación y emprendimiento.....	22
2.2.3	Metodologías para desarrollar un emprendimiento basado en innovación.....	25
2.2.4	Una Nueva Ingeniería para el 2030.....	33
3	METODOLOGÍA	38
3.1	Revisión y análisis de literatura.....	38
3.2	Análisis de experiencia personal.....	38
3.3	Elaboración de una primera versión de la guía.....	38
3.4	Levantamiento de información.....	39
3.4.1	Académicos del DIQBT.....	39
3.4.2	Estudiantes del DIQBT.....	40
3.4.3	Personas expertas externas.....	41
3.5	Elaboración de la versión final de la guía.....	42

4	DISEÑO DE PROPUESTA PRELIMINAR DE UNA GUÍA ORIENTATIVA	43
4.1	Análisis de la información	43
4.2	Elaboración de la primera versión de la guía	44
5	DISEÑO DE PROPUESTA FINAL DE UNA GUÍA ORIENTATIVA	47
5.1	Análisis de la información recopilada	47
5.1.1	Resultados de las entrevistas realizadas a los profesores del DIQBT	47
5.1.2	Resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes del DIQBT	55
5.1.3	Resultados de la entrevistas a expertos externos al DIQBT	65
5.1.4	Discusiones generales del estudio	72
5.2	Secuencia final de etapas de la guía orientativa	79
5.2.1	Introducción	82
5.2.2	Etapas N°1 - Comenzar el viaje	82
5.2.3	Etapas N°2 - Formar un equipo de trabajo	83
5.2.4	Etapas N°3 - Identificar una problemática	85
5.2.5	Etapas N°4 - Validar una propuesta de solución	86
5.2.6	Etapas N°5 – Establecer el modelo de negocios	87
5.2.7	Etapas N°6 - Diseñar el proyecto	91
5.2.8	Etapas N°7 - Buscar recursos	92
5.2.9	Etapas N°8 - Prototipar	93
5.2.10	Etapas N°9 – Continuar el viaje	94
6	DISCUSIÓN GENERAL	95
6.1	Proceso de confección de la guía orientativa	95
6.2	Etapas de la guía orientativa	95
6.3	Aplicación de la guía orientativa	96
6.3.1	Aplicación de la guía orientativa en el marco del DIQBT	97
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
8	BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS		107
	Anexo A . Pauta de preguntas de las entrevistas para los académicos del DIQBT	107
	Anexo B . Pauta de preguntas de la encuesta para estudiantes del DIQBT	109
	Anexo C . Resultados complementarios de la encuesta de estudiantes	115
	C.1 . Composición de la muestra	115
	C.2 . Resultados Escala de Likert	116

C.3 . Cálculo del índice de participación	118
Anexo D . Pauta de preguntas de entrevistas para expertos externos al DIQBT	120
Anexo E . Ciclo de vida de un emprendimiento R2B Catalyst.....	122
Anexo F . Etapas de la versión final de la metodología orientativa	123
F.1 . Introducción	123
F.2 . Etapa N°1 - Comenzar el viaje	125
F.3 . Etapa N°2 - Formar un equipo de trabajo	126
F.4 . Etapa N°3 - Identificar una problemática	128
F.5 . Etapa N°4 - Validar una propuesta de solución	133
F.6 . Etapa N°5 – Establecer el modelar el negocio	137
F.7 . Etapa N°6 - Diseñar el proyecto	144
F.8 . Etapa N°7 - Buscar recursos	149
F.9 . Etapa N°8 - Prototipar.....	151
F.10 . Etapa N°9 – Continuar el viaje.....	152
Anexo G . Resumen esquemático de la metodología diseñada.....	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equipos de estudiantes chilenos, universitarios y escolares, que han participado en la competencia iGEM desde el 2012.	6
Tabla 2: Lista de técnicas biotecnológicas definidas por la OCDE.....	15
Tabla 3: Tabla comparativa entre la industria biotecnológica y la industria de las tecnologías de la información.....	19
Tabla 4: Tipos de innovación de acuerdo a la OCDE, 2006.....	20
Tabla 5: Tipos de innovación de acuerdo a su grado de originalidad.....	21
Tabla 6: Diferencias entre un emprendimiento clásico versus un emprendimiento basado en innovación..	21
Tabla 7: Número de proyectos extra-académicos en los que los estudiantes han participado siendo alumno de la FCFM.....	57
Tabla 8: Percepción de los estudiantes sobre el nivel de participación en proyectos extra-académicos.....	58
Tabla 9: Proyectos reconocidos por los estudiantes a mayo del 2016. Ordenados por nivel de desarrollo alcanzado.	61
Tabla 10: Estudiantes de la muestra por edad.	115
Tabla 11: Estudiantes de la muestra por género.....	115
Tabla 12: Estudiantes de la muestra por año de ingreso al DIQBT.....	115
Tabla 13: Estudiantes de la muestra por especialidad cursada.	115
Tabla 14: Resultados de los estudiantes a la pregunta: ¿Consideras que los siguientes aspectos han sido de utilidad para el desarrollo del proyecto?.	116
Tabla 15: Resultados de los estudiantes a la pregunta: ¿Consideras que los siguientes aspectos han sido un obstáculo para el desarrollo del proyecto?.	117
Tabla 16: Estado inicial con el que podría reconocerse a personas emprendedoras. .	125
Tabla 17: Cuestionario básico para realizar el ejercicio de reflexión personal.	126
Tabla 18: Recomendaciones para el buen desempeño de un equipo de trabajo.....	127
Tabla 19: Pasos para la dinámica de lluvia de ideas.....	129
Tabla 20: Preguntas básicas que debe responder el primer estudio de mercado.....	131
Tabla 21: Ejemplo de resultado que podría desprenderse luego de estudiar el mercado de los vasos plásticos comprados por estudiantes que van de fiestas.	132
Tabla 22: Problemática detectada en el mercado de los vasos plásticos comprados por estudiantes que van de fiestas.	133
Tabla 23: Bases de datos para revisar el estado del arte.	134
Tabla 24: Preguntas básicas para iniciar la evaluación de impactos.	135
Tabla 25: Preguntas básicas que debe responder el segundo estudio de mercado. ...	136
Tabla 26: Preguntas básicas para determinar el ciclo de uso del producto.	139
Tabla 27: Partes genéticas básicas de un sistema biológico.	145
Tabla 28: Ejemplo ilustrativo de concepción de estímulos y respuestas.....	146
Tabla 29: Ejemplos de técnicas de ensamblaje.	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mercado de la biología sintética periodo 2008-2013	2
Figura 2: Aplicaciones principales de la biología sintética (izquierda) y actores principales del rubro (derecha).....	2
Figura 3: Inversiones que recibieron empresas de biología sintética durante el año 2015.	3
Figura 4: Número de equipos inscritos cada año en iGEM. Durante el año 2015 y 2016 se inscribieron 280 y 305 equipos, respectivamente.....	3
Figura 5: Relación entre actividad emprendedora por oportunidad y PIB per cápita [USD], 2012. Si bien la relación es negativa en un principio, se hace positiva a medida que los países superan los USD \$35.000 de ingreso per cápita.	8
Figura 6: Relación entre actividad emprendedora por necesidad y PIB per cápita [USD], 2012..	8
Figura 7: Evolución de la actividad emprendedora en etapas iniciales en países miembros de la OECD.	9
Figura 8: Número de empresas biotecnológicas activas, número de empresas biotecnológicas dedicadas y porcentaje de empresas biotecnológicas activas que poseen menos de 50 empleados en países de la OCDE al año 2013.	16
Figura 9: Emprendimiento clásico versus emprendimiento basado en innovación.	22
Figura 10: Dominios de un ecosistema de emprendimiento.....	23
Figura 11: Ecosistema biotecnológico chileno.....	23
Figura 12: Resumen esquemático del proceso general de un emprendimiento basado en innovación.	25
Figura 13: Ciclo de vida de un emprendimiento en biotecnología.....	26
Figura 14: Circuito de retroalimentación Crear-Medir-Aprender.....	30
Figura 15: Propuesta de orden de pasos para la primera versión de la guía.	46
Figura 16: Porcentaje de estudiantes de la muestra por sexo. Se muestra el porcentaje del universo como referencia.	55
Figura 17: Distribución de los estudiantes respecto de la especialidad. Se muestra el porcentaje del universo como referencia.....	56
Figura 18: Distribución de los estudiantes respecto del año de ingreso al DIQBT. Se muestra el porcentaje del universo como referencia.	56
Figura 19: Temáticas abarcadas por los proyectos extra-académicos de los estudiantes.	57
Figura 20: Motivaciones de los estudiantes para participar en proyectos extra-académicos.	58
Figura 21: Motivos de los estudiantes que consideran tener un bajo nivel de participación en proyectos extra-académicos.....	59

Figura 22: Razones de los estudiantes para no incluir aproximaciones biotecnológicas en los proyectos extra-académicos.	59
Figura 23: Motivos de los estudiantes para no participar en proyectos extra-académicos.	60
Figura 24: Etapa alcanzada por aquel proyecto del estudiante que ha logrado el mayor nivel de desarrollo.	60
Figura 25: Fracción de los estudiantes que está de acuerdo o muy de acuerdo con que los aspectos presentados han sido de utilidad para el desarrollo de sus proyecto.	62
Figura 26: Fracción de los estudiantes que está de acuerdo o muy de acuerdo con que los aspectos presentados han sido un obstáculo para el desarrollo de sus proyecto. ...	63
Figura 27: Propuesta de etapas de la versión final de la guía.	81
Figura 28: Cantidad de semestres que demoran los estudiantes en ingresar al DIQBT.	118
Figura 29: Cantidad de semestres que demoran los estudiantes en ingresar al DIQBT luego de aplicar las observaciones mencionadas.	119
Figura 30: Ciclo de vida de un emprendimiento. Proporcionado por la empresa R2B Catalyst.	122
Figura 31: Ejemplo de segmentación de mercado para la industria del <i>packaging</i>	130
Figura 32: Lienzo canvas para el modelo de negocios. Extraído de innovación.cl [110].	143
Figura 33: Sistema biológico constituido por la interacción del chasis (organismo) con los estímulos del entorno para entregar respuestas determinadas.	145
Figura 34: Esquema de dispositivo, formado por las 4 unidades básicas necesarias para realizar una función.	146
Figura 35: Circuito genético ilustrativo para regular la producción del monómero ácido precursor del plástico biodegradable.	147
Figura 36: Resumen esquemático de los pasos principales de la metodología.	153
Figura 37: Resumen esquemático de los pasos principales de la metodología (continuación).	154

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes generales

1.1.1 Contexto mundial

De acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), cada vez es más evidente que el mundo está migrando hacia una economía en la que el conocimiento es el principal factor de desarrollo.

En este contexto, la ciencia, la tecnología, la innovación y el emprendimiento se vuelven elementos cruciales para el progreso económico y social de los países. Así lo han comprendido varias naciones como Australia, China, Estados Unidos, India e Irlanda, quienes han estado ajustando sus políticas de país para fomentar el rol de estos elementos que permita evolucionar de modelos de producción agrícola e industrial hacia modelos basados en la creación, procesamiento y aplicación del conocimiento [1], [2], [3].

Estos procesos de cambios no son sencillos, pues requiere de grandes esfuerzos para coordinar a todos los actores que permiten crear ecosistemas de participación en donde se fomenten la ciencia, la tecnología, la innovación y el emprendimiento desde las distintas disciplinas existentes.

Dentro de estas disciplinas, la biotecnología cada año toma un rol más importante en la sociedad. Históricamente, la biotecnología se ha aplicado por más de 6000 años, mediante la fabricación de productos alimenticios como el pan, el queso, el vino, entre otros. Desde entonces, y con el descubriendo del ADN gracias a Watson y Crick, la biotecnología ha evolucionado hasta el punto de desarrollar nuevas técnicas propias de la ingeniería genética tales como la tecnología del ADN recombinante, la secuenciación genética y síntesis química del ADN [4] que han permitido grandiosos avances como la síntesis de ácido artemisinico en bacterias (*Escherichia coli*) y en levaduras, ácido que es necesario para la producción de artemisinina, la droga más eficaz y conocida contra la malaria que durante el 2015 afectó a casi 214 millones de personas, resultando en cerca de 480 mil muertes [5], [6].

No obstante, de acuerdo a la OCDE, la biotecnología todavía se encuentra en los inicios de una posible revolución similar a la ocurrida con la computación, que será impulsada en gran medida por las nuevas herramientas que provee la biología sintética, una tecnología que combina los tradicionales principios de la ingeniería: estandarización, abstracción y modularidad, con la biología y manipulación genética de organismos. La finalidad de la biología sintética es ofrecer una nueva y más fácil manera de diseñar, crear y controlar organismos vivos genéticamente modificados para que posean propiedades que naturalmente no existen, o para mejorar las que ya poseen [7], [8]. Dichos organismos modificados podrían ser capaces de sensor compuestos químicos dañinos, producir biomateriales sustentables, degradar desechos, producir biocombustibles, desarrollar drogas terapéuticas, entre otras propiedades de alto potencial biotecnológico [9]. En otras palabras, la biología sintética entrega los fundamentos y las herramientas para crear microfábricas vivas regulables a medida.

Este potencial de la biología sintética ha provocado que su interés mundial crezca rápidamente en los últimos 25 años por parte de distintos actores [10]. Ha sido tanto el interés, que incluso se ha comenzado a hablar de una industria propia de la biología sintética, que si bien aún consta esencialmente de aplicaciones biotecnológicas, de cierta forma se ha desligado de la biotecnología tradicional. Como se muestra en la Figura 1, este nuevo mercado de la biología sintética ha ido en aumento, alcanzando los 2700 millones de dólares el año 2013.

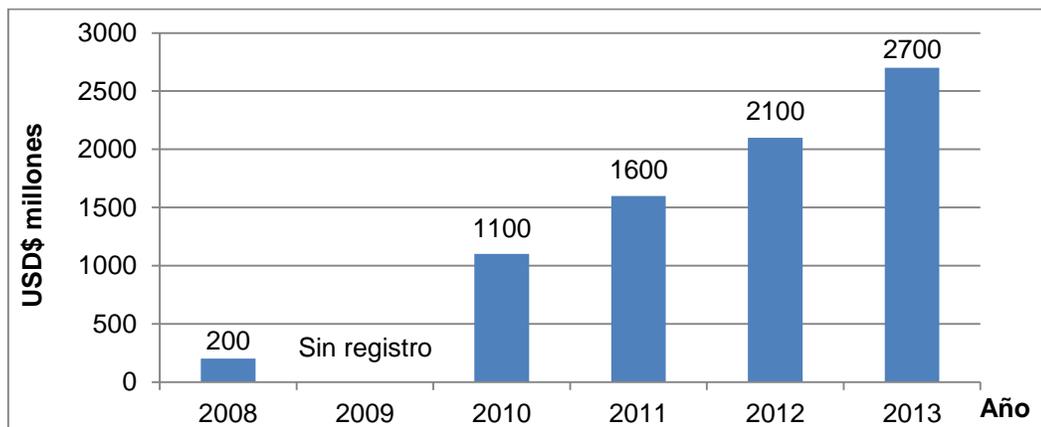


Figura 1: Mercado de la biología sintética periodo 2008-2013 [11].

De acuerdo al análisis realizado por Van Doren y cols., las aplicaciones de la biología sintética han estado en constante crecimiento desde 1990, siendo los sectores de la biotecnología industrial, medicina y energía los principales, impulsados esencialmente por empresas y universidades como lo muestra la Figura 2 [10].

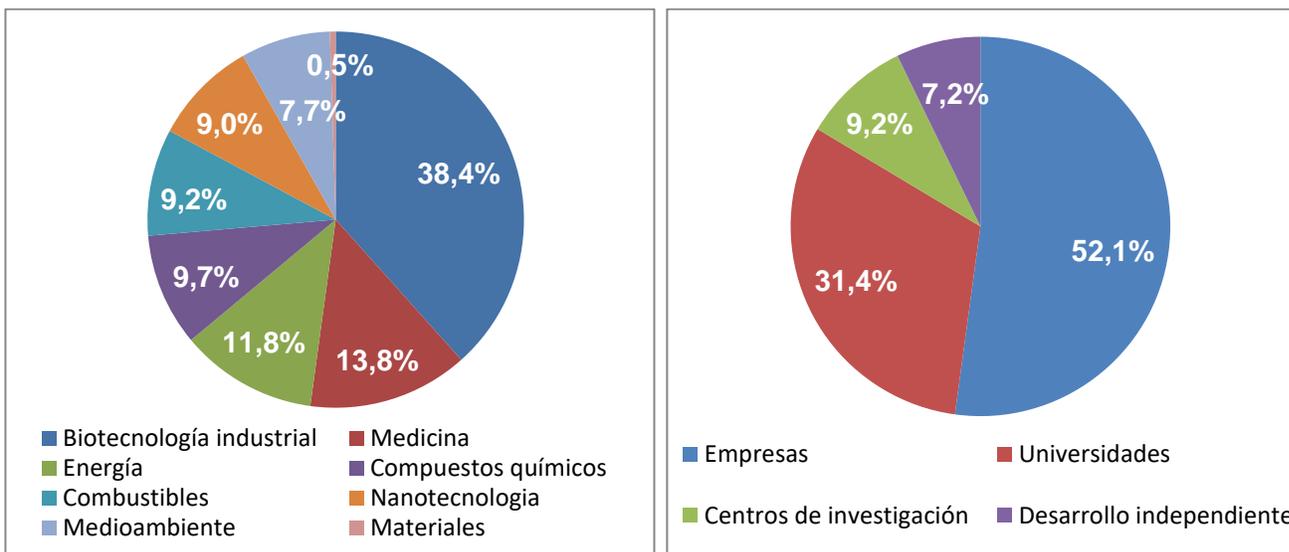


Figura 2: Aplicaciones principales de la biología sintética (izquierda) y actores principales del rubro (derecha). Adaptado de van Doren y cols., 2013 [10].

Sumado a lo anterior, según otro estudio, entre los años 2009 y 2013, el número de universidades que realizaron investigación en biología sintética subió de 127 a 204 (un

60%), mientras que el número de empresas que integraron estos temas como herramienta de desarrollo aumentó de 61 a 192 (un 215%) [12]. Cabe destacar que al menos 7 de estas empresas fueron fundadas específicamente para desarrollar aplicaciones de biología sintética durante el mismo periodo 2009-2013. Este valor claramente ha aumentado, registrándose al menos 25 nuevas empresas de biología sintética al año 2015 que han levantado varios millones de dólares en inversión (ver Figura 3) [13]. Entre ellas destaca Editas Medicine, la primera empresa de reparación genómica basada en la tecnología CRISPR/Cas9 [14].

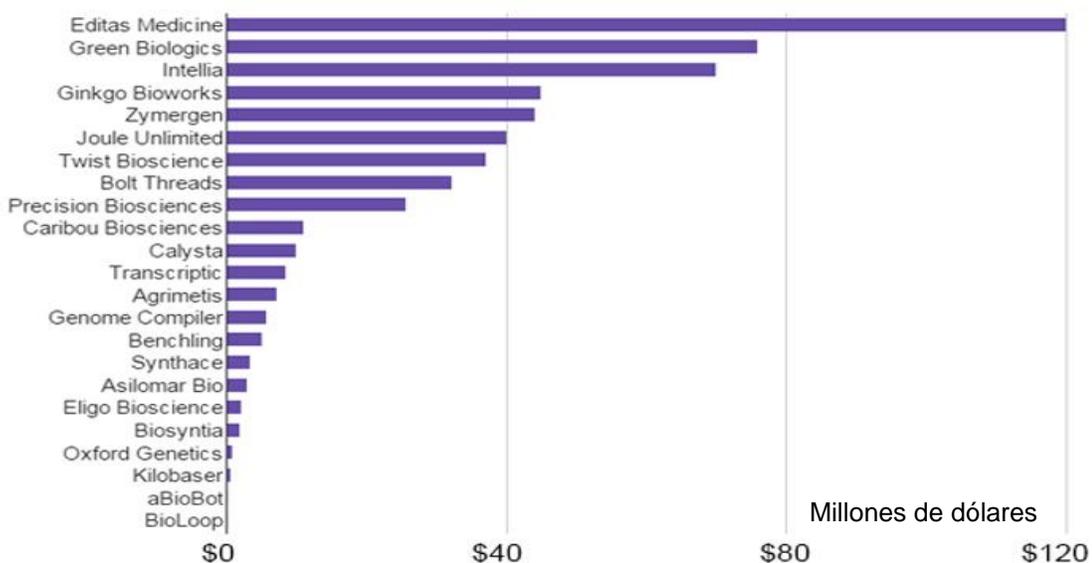


Figura 3: Inversiones que recibieron empresas de biología sintética durante el año 2015. Extraído de Synbiobeta.com

Ahora en el contexto académico, es interesante apreciar en la Figura 4 el aumento del número de equipos de estudiantes que se inscriben cada año en la reconocida competencia internacional de biología sintética *International Genetically Engineered Machine*, más conocida como competencia iGEM, que se realiza anualmente en Boston, EE.UU [15].

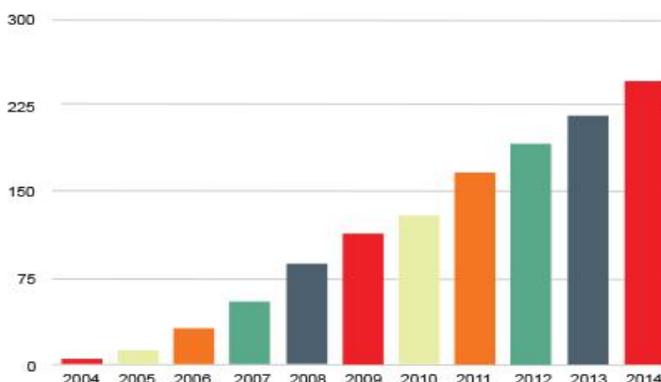


Figura 4: Número de equipos inscritos cada año en iGEM. Durante el año 2015 y 2016 se inscribieron 280 y 305 equipos, respectivamente. Extraído de igem.org.

En esta competencia, los estudiantes desarrollan proyectos de manipulación genética de organismos que tienen aplicaciones en distintas áreas: salud, manufactura, energía, medioambiente, etc., demostrando el alto interés y la relativa baja complejidad que existe para el desarrollo de aplicaciones basadas en el uso de la biología sintética. Además, iGEM más que una competencia, se ha convertido en una gran plataforma educativa y de innovación, logrando el desarrollo integral de distintas competencias profesionales muy valiosas para los participantes [15].

El potencial de la biología sintética se podrá ver reflejado en los distintos ámbitos de la biotecnología [16]. Por ejemplo, en el rubro de la salud, se pronostica que con una simple y rápida lectura (secuenciación) del genoma humano de una persona, se podrán predecir sus enfermedades genéticas varios años antes de que los primeros síntomas de la enfermedad se manifiesten, existiendo la posibilidad de corregir los defectos en el ADN anticipadamente [17]. Pareciera ser un ejemplo muy futurista, pero ya se han descubierto técnicas genéticas que permiten reparar errores en el ADN, como lo es la técnica de edición genética CRISPR/Cas9 [18] usada por la empresa Editas Medicine. Esta es una técnica con tanto potencial que ya está abriendo el debate a nivel mundial. De hecho en EEUU, un comité asesor de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos (NIH por sus siglas en inglés) aprobó este año la realización de los primeros estudios clínicos que permitan evaluar la seguridad de uso en pacientes humanos, pues la técnica sería un gran aliado en el diseño de terapias para combatir distintas enfermedades genéticas como el cáncer [19].

De esta manera, los países de economías más desarrolladas han promovido el avance de la biotecnología, principalmente, porque permite incrementar la productividad, diversificar la matriz productiva, generar nuevos empleos, entre otros beneficios. Además, gracias a la biología sintética y a la reducción de los costos de las técnicas principales, la biotecnología está repercutiendo fuertemente en el desarrollo de nuevas tecnologías, nuevos mercados y modelos de negocios [20], [21].

No obstante, la industria biotecnológica moderna es relativamente nueva en comparación a otros sectores más conocidos. La primera empresa biotecnológica moderna, Genentech, reconocida por la producción de hormonas humanas en bacterias, como la insulina recombinante, fue fundada recién en el año 1976 [22]. Por esta razón, aún presenta varios desafíos que deben superarse: requiere conocimiento técnico especializado, extensos tiempos de desarrollo, grandes financiamientos y nuevos modelos de negocio y comercialización. Detalles de estos desafíos se profundizan en el próximo capítulo de Marco Teórico.

A estas limitaciones se podrían agregar la falta de discusión de los temas legales, éticos y regulatorios en torno a la manipulación genética de organismos, la falta de exposición y vinculación con el medio, la necesidad de mejorar las políticas gubernamentales de incentivos a la biotecnología, entre otras [23]. Por esta razón, como la biotecnología es una disciplina reciente, la formación de capital humano resulta crucial para el rol que jugará en el desarrollo de las futuras bioeconomías [24]. Es de esperar que, generando la suficiente masa crítica, se favorezca el desarrollo de la biotecnología, tal como ocurrió en la disciplina de la computación durante el siglo XX [25].

1.1.2 Contexto chileno

Chile no queda exento de las ventajas y desventajas que otorga la biotecnología. Si bien el país históricamente se ha caracterizado por poseer un modelo económico basado en la explotación de recursos naturales: principalmente cobre, y por no valorar suficientemente la ciencia, la tecnología, la innovación y el emprendimiento [2], [26], en los últimos años Chile ha empezado a direccionar su marco institucional hacia el establecimiento de una cultura de innovación y emprendimiento que propicie el aprovechamiento de las ciencias y tecnologías para diversificar la economía del país. Así es como gracias al Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) se han establecido las primeras bases de una Estrategia Nacional de Innovación [27, 28] y de una Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020 [29]. Asimismo, durante este año (2016) se realizó el envío al Congreso de un Proyecto de Ley para la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología [30] que tendrá dentro de sus objetivos la vinculación del quehacer científico-tecnológico con las preocupaciones de la sociedad.

En este escenario, la biotecnología ha ganado mayor notoriedad en el país, principalmente como estrategia para agregarle valor a los recursos naturales. Así es como desde el año 2002 con la creación de la Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología, se empezó a perfilar una política nacional que impulse la biotecnología como una herramienta de desarrollo productivo y social del país [31]. También se han realizado estudios de cómo la biotecnología puede impactar distintos sectores productivos de Chile tales como la minería, fruticultura, biomasa o alimentos [32], [33], y se han realizado distintas alianzas público-privadas, como el proyecto de marca sectorial ChileBiotech y la realización de la Feria Internacional de Biotecnología BIOLATAM 2015, para posicionar a la biotecnología chilena en el mundo y promover a Chile como plataforma para la inversión extranjera en biotecnología [34].

De acuerdo a la Asociación Chilena de Empresas de Biotecnología (ASEMBIO), en Chile existen cerca de 200 empresas de biotecnología en el país, de las cuales 68 son miembros de ASEMBIO [34]. No obstante, se ha analizado que sólo 10 de estas 68 empresas utilizan técnicas de ingeniería genética en el desarrollo de sus soluciones y que ninguna se basa en técnicas de biología sintética [35].

Si bien el desarrollo en torno a biología sintética es nulo en las empresas que conforman ASEMBIO, de todas formas pueden identificarse algunas iniciativas como los emprendimientos Kaitek Labs, que diseña microorganismos para crear biosensores de detección de marea roja [36], y Novalact, que provee soluciones probióticas basadas en el uso de bacterias ácido-lácticas [37]. Por el lado más académico, se pueden identificar equipos de estudiantes chilenos que han participado en la competencia iGEM desde el 2012, mostrados en la Tabla 1. Cabe destacar que la participación de los colegios ha sido posible gracias al respaldo prestado por la Universidad Mayor a través de su incubadora Gesta Mayor [38].

Tabla 1: Equipos de estudiantes chilenos, universitarios y escolares, que han participado en la competencia iGEM desde el 2012. Extraído de igem.org.

Año	Institución representante	Descripción del proyecto
2012	Pontificia Universidad Católica de Chile	Producción de bioluminiscencia en cianobacterias de manera controlada, replicando los ritmos circadianos [39].
2013	Pontificia Universidad Católica de Chile	Re-diseño de un compartimiento bacteriano para generar una nueva plataforma que permita llevar a cabo ingeniería metabólica <i>in vitro</i> [40].
2014	Universidad Mayor	Desarrollo de una bacteria capaz de combatir la fibrosis quística [41].
2015	Universidad de Chile	Producción regulada y exportación de un plástico biodegradable usando bacterias [42].
2015	Colegio San Andrés de Maipú	Generación de un sistema biológico para combatir la enfermedad celíaca [43]
2015	Colegio Emilina Urrutia de Talagante	Alertar la intensidad de la radiación UV usando una pulsera adaptada con bacterias [44]
2015	Colegio Eugenio María de Hostos de La Reina	Alertar la presencia de polvo de sílice en la minería usando bacterias [45]

Entonces, aunque existe interés en Chile en torno a la biotecnología y, biología sintética, su desarrollo aún es menor en comparación a los sectores más tradicionales, pues los principales avances se han observado en los ámbitos de la investigación y de la educación, pero poco en el área productiva [35].

En este contexto, las instituciones educacionales de nivel superior cumplen un rol fundamental por su labor formativa de capital humano, pues podrían colaborar a aumentar la masa crítica biotecnológica del país que favorezca su desarrollo, y volverse un actor clave del Sistema Nacional de Innovación [29]. Por esta razón, es de interés estudiar el contexto de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, ya que fue una de las instituciones beneficiadas con los fondos CORFO del programa *Nueva Ingeniería para el 2030* [46] (desde ahora Proyecto 2030) para implementar una estrategia de largo plazo que permita desarrollar en la Facultad un ecosistema de innovación y emprendimiento basado en el conocimiento científico y tecnológico.

Este proyecto presenta una oportunidad para impulsar desde los estudiantes el emprendimiento en biotecnología. Sobre todo en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) de la FCFM, pues podrían contribuir a aumentar el reducido campo laboral biotecnológico del país: representa el 0,02% del total de las empresas chilenas [47]. Asimismo, el Proyecto 2030 podría contribuir a superar las debilidades diagnosticadas por el propio Departamento en el último Informe de Autoevaluación para la Acreditación de la carrera de Ingeniería Civil en Biotecnología [48] presentado el 2014 ante la Comisión Nacional de Acreditación. En este documento se reconoce que existe un insuficiente desarrollo de la creatividad e innovación en los cursos de la especialidad y también una insuficiente vinculación con el medio externo productivo [48], lo que de una u otra manera termina repercutiendo en la formación de los estudiantes que eventualmente serán actores importantes de la biotecnología chilena.

1.2 Motivación del trabajo

El éxito de un emprendimiento no está asegurado. De acuerdo a la Revista Forbes, 9 de cada 10 emprendimientos fracasan por distintas razones: diseñar productos que nadie quiere, quedar sin capital, escoger mal el equipo de trabajo, diseñar un mal modelo de negocios, entre otras [49]. Con esta alta tasa de fracaso, no sería extraño pensar que los emprendimientos se ven sometidos a un proceso de selección similar al que ocurre en la naturaleza con la selección de las especies biológicas, donde cada una debe usar sus mejores características o adaptarse a su entorno para lograr sobrevivir [50].

Si bien cada emprendimiento debe buscar su propio camino, mientras más facilidades, recursos e información existan en el ecosistema, mayores serían las probabilidades de resultar en un emprendimiento exitoso. Por esta razón, apoyar y guiar a estudiantes en el proceso de emprender sería beneficio para que puedan llevar a cabo sus proyectos. Así lo ha entendido el reciente Laboratorio de Innovación y Emprendimiento, OpenLab, implementado en la FCFM en el marco del Proyecto 2030, cuyo trabajo está orientado a fortalecer capacidades de innovación y emprendimiento de carácter científico-tecnológico dentro del nuevo ecosistema que se busca instaurar en la Facultad [51].

Además, como han mencionado algunos autores, para romper las barreras que impiden el buen desarrollo de la biotecnología es necesario democratizar las ciencias [52], incluso partiendo desde niveles escolares [53], ya que de esta manera se facilita el acceso a la información y a los recursos en todas sus formas, lo que propicia la colaboración.

De esta manera, considerando las oportunidades que actualmente se presentan para la biotecnología, tanto a nivel mundial como a nivel del país, la motivación de esta memoria de título es aportar a la comunidad de la FCFM las bases de una primera versión de una metodología que permita orientar el desarrollo de emprendimientos estudiantiles en biotecnología, basados en la aplicación de la biología sintética como herramienta de diseño y experimentación. Si bien existen algunas metodologías que guían el proceso de emprender, son más bien genéricas y no específicas para emprendimientos que utilizan la biología sintética (se detallarán algunas de estas metodologías en el capítulo del Marco Teórico). Así, se espera que este trabajo eventualmente permita contribuir al desarrollo del rubro biotecnológico chileno si los estudiantes hacen uso de ella para crear sus propias organizaciones biotecnológicas, como también aportar a las nuevas líneas de acción que tome la Facultad en torno al desarrollo de emprendimientos biotecnológicos.

1.3 Pertinencia del trabajo

1.3.1 ¿Por qué emprender?

Cada día existe más consenso en que el emprendimiento e innovación es uno de los factores que contribuye al desarrollo de los países, pues actúan como motor para crear nuevos mercados y empleos, y mayor competencia de bienes y productos que, de cierto modo, se ve reflejado en la productividad del país. No obstante, para que el emprendimiento e innovación realmente se relacione de manera positiva con la productividad de los países, éstos deben desarrollar políticas apropiadas que fomenten la actividad emprendedora por oportunidad¹ (Figura 5), pues de lo contrario prevalecerá la actividad emprendedora por necesidad² (Figura 6) típica de los países en proceso de desarrollo [2], [54].

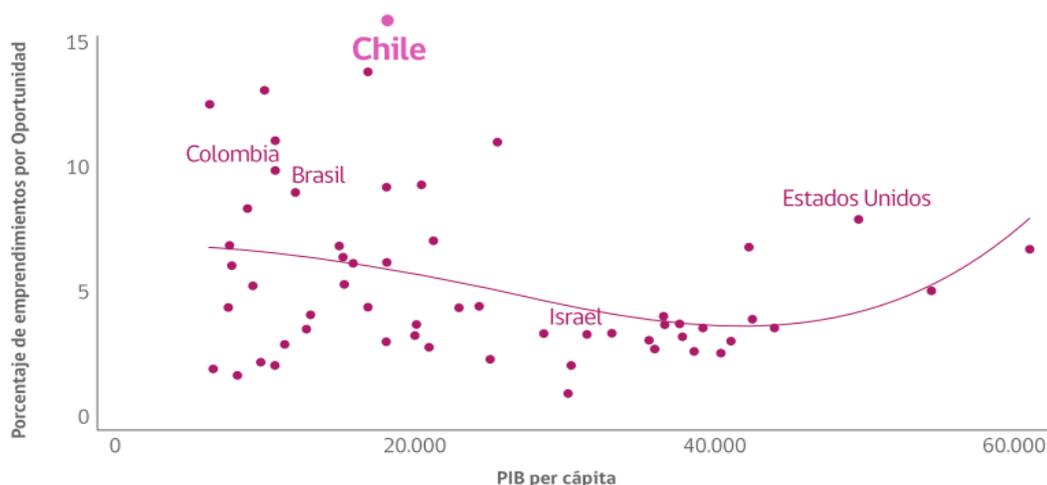


Figura 5: Relación entre actividad emprendedora por oportunidad y PIB per cápita [USD], 2012. Si bien la relación es negativa en un principio, se hace positiva a medida que los países superan los USD \$35.000 de ingreso per cápita. Extraído de CORFO [54].

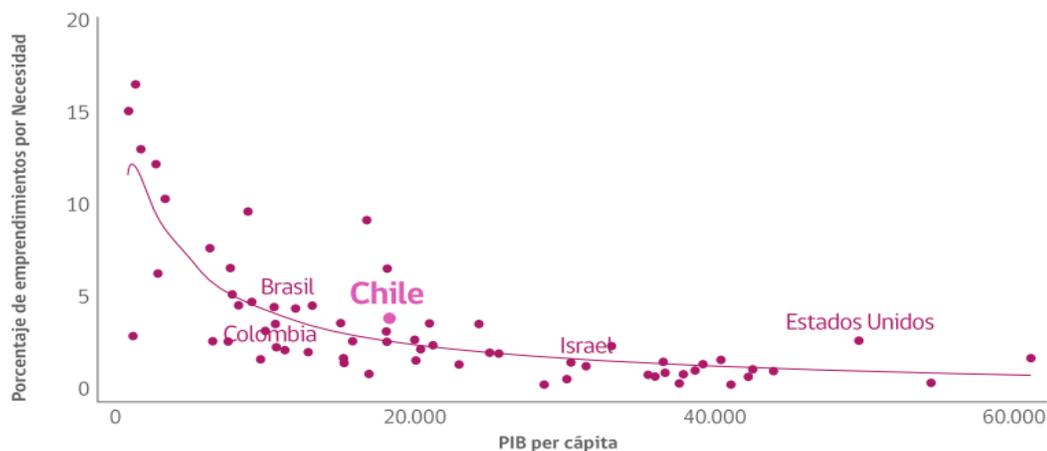


Figura 6: Relación entre actividad emprendedora por necesidad y PIB per cápita [USD], 2012. Extraído de CORFO [54].

¹ Actividad emprendedora por oportunidad: emprendimientos asociados a oportunidades latentes en el mercado. Característica de países desarrollados [2].

² Actividad emprendedora por necesidad: emprendimientos realizados por personas que no encuentran otra alternativa para generar ingresos. Característica de países en desarrollo [2].

Por ello, las sociedades más desarrolladas, como EE.UU, han propiciado una cultura donde las personas tengan la posibilidad de aprovechar las oportunidades latentes de mercado en los más diversos ámbitos: económicos, sociales y ambientales, ya que de esta manera las economías de los países se vuelven más dinámicas, innovadoras y generadoras de mejores condiciones de vida [2], [54].

En el caso de Chile, de acuerdo al Reporte GEM³ Chile del 2015, en los últimos años se ha logrado incrementar en gran medida la actividad emprendedora en etapas iniciales en comparación con otros países de la región y con los miembros de la OECD (Figura 7).

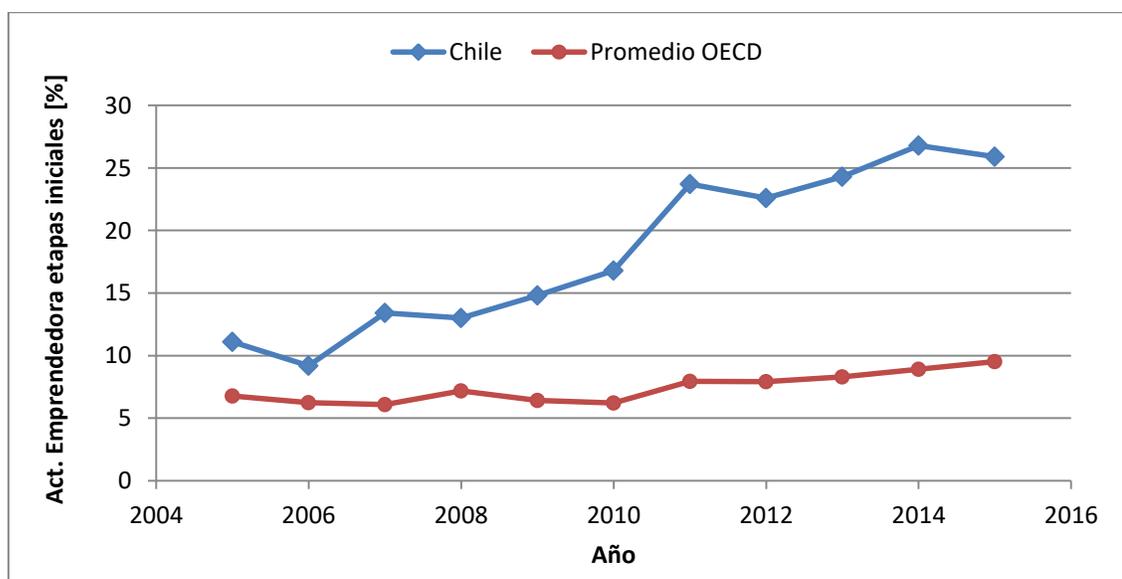


Figura 7: Evolución de la actividad emprendedora en etapas iniciales en países miembros de la OECD. Adaptado de V. Mandakovic, A. Abarca y J. Amorós [55].

Sin embargo, se advierte que una fracción importante de estos emprendedores (27,3%) reconoció haber emprendido por necesidad, donde prevalecen auto-empleados que no generan empleos adicionales y su impacto económico directo de corto plazo no es tan significativo [55]. Probablemente, este hecho pueda deberse a la baja incorporación o desarrollo de nuevas tecnologías dentro de los procesos productivos o prestación de servicios, resultando en emprendimientos poco competitivos y dinámicos, ya que el fin del emprendimiento por necesidad es lograr generar ingresos para subsistir [55].

Por esta razón, si Chile desea generar emprendimientos de mayor impacto económico y social que le permita ir abandonando la histórica economía basada en recursos naturales, es necesario que siga promoviendo y mejorando las condiciones necesarias para fomentar el surgimiento de emprendimientos por oportunidad, que usualmente se basan en incorporar la innovación, la ciencia y la tecnología como herramientas competitivas [55].

³ Global Entrepreneurship Monitor (GEM): mide la dinámica del emprendimiento en más de cien países. En Chile se realiza hace más de diez años con una mirada nacional y regional.

Este contexto puede ser aprovechado para impulsar el desarrollo de organizaciones biotecnológicas. De hecho, gracias a la reducción de los costos que han experimentado las tecnologías del ADN: secuenciación y síntesis [56], la innovación y emprendimiento en biología sintética se vuelve cada vez más accesible, todavía no a través de infraestructura y equipamiento, pero sí mediante el conocimiento y el capital humano [24].

1.3.2 ¿Por qué en estudiantes?

Una de las ventajas de fomentar los emprendimientos en los estudiantes universitarios, es que están insertos en un entorno académico, donde se pueden aplicar distintas metodologías de aprendizaje sobre cómo innovar y emprender en biotecnología. De hecho, la formación de estudiantes ha sido un aspecto fundamental para las universidades que suelen destacarse en el ámbito de la innovación y emprendimiento científico-tecnológico, como son el Massachusetts Institute of Technology (MIT) o la Universidad de Stanford. Sumado a lo anterior, ha sido de gran relevancia que las universidades sean capaces de proveer las facilidades que permitan generar las sinergias entre distintos actores; estudiantes, académicos, oficinas de transferencia tecnológica, entre otros, para el éxito de sus ecosistemas. Incluso, se ha llegado a plantear que la creación de emprendimientos puede servir como un camino formativo alternativo y viable para que los estudiantes se desarrollen como profesionales [57]. Además, generalmente los estudiantes no se ven afectados por el costo de oportunidad que implica renunciar a un trabajo remunerado. De esta manera, estando en la universidad pueden trabajar en las fases iniciales de sus emprendimientos y, después de un par de años trabajando en el proyecto, los estudiantes ya tienen la suficiente información y experiencia para decidir si tomar el riesgo de trabajar a tiempo completo en el emprendimiento luego de graduarse [57].

Por otro lado, la experiencia en iGEM ha demostrado que los estudiantes son capaces de llevar a cabo proyectos de biología sintética que, si bien son desarrollados en un entorno académico durante la competencia, luego de ésta pueden continuar trabajando en el proyecto, u otros nuevos, y eventualmente formar una empresa como ha ocurrido en los casos de Ginkgo Bioworks, Bento Labs, BioBots, por nombrar algunos [58].

1.3.3 ¿Por qué en estudiantes de ingeniería?

Si bien la ingeniería ya ha tratado de ser combinada con la manipulación del ADN en la ingeniería genética, ésta no ha podido trascender de la manera en la que lo viene haciendo la biología sintética. Mientras la ingeniería genética ha usado las técnicas del ADN recombinante para leer, amplificar, cortar y pegar fragmentos de ADN de un organismo a otro, la biología sintética aprovecha la reducción de costos que ha tenido la síntesis química de ADN para fabricar secuencias específicas diseñadas previamente [24], [56], las que pueden ser solicitadas a distintas empresas que existen actualmente como Integrated DNA Technologies o Twist Bioscience.

La principal característica de la biología sintética radica en su objetivo de simplificar el entendimiento y aplicación de los conocimientos en torno a la manipulación genética de organismos, con el fin de que los desarrollos implementados se basen en resultados

cuantitativos más que en resultados cualitativos, de tal forma que los experimentos puedan ser fácilmente replicados y analizados por distintos investigadores [59].

Para poder lograr esta tarea, la biología sintética ha establecido los primeros mecanismos y estrategias que realmente permitan ver a la biología como una disciplina ingenieril para diseñar máquinas y sistemas biológicos complejos. Dentro de estas estrategias, la biología sintética enfatiza la integración de 3 principios: estandarización, abstracción y modularidad, junto a todas las herramientas derivadas que ya han sido aplicadas en otras disciplinas ingenieriles para promover su avance [60]

1.3.3.1 Estandarización

Este principio busca la replicabilidad de los experimentos mediante el uso de módulos bien definidos y caracterizados. Esto se extrapola a la biología sintética para ir estableciendo el uso de partes genéticas estandarizadas, las que se han generalizado con el nombre de *BioBricks* para representar una unidad básica definida por una secuencia específica de ADN que cumple cierta función particular. Así, un *Biobrick* podría corresponder a un promotor, a un sitio de unión a ribosoma, a un marco abierto de lectura, a un terminador, entre otras, todos con su función caracterizada. Actualmente, existe un Repositorio de Partes Biológicas Estandarizadas a cargo de iGEM (parts.igem.org), donde se pueden encontrar más de 20.000 partes documentadas, organizadas por código, tipo, función biológica, entre otras [61]. Este número aumenta cada año gracias a los equipos que participan de iGEM, pues la competencia busca fomentar el desarrollo de una comunidad abierta y colaborativa en torno a la biología sintética, permitiéndoles a los futuros equipos tener acceso a más variedad de recursos [15].

La mayor innovación del estándar *BioBricks* es que funciona bajo el principio de idempotencia, basado en que al fusionar dos *BioBricks* cualquiera, el resultado es un nuevo *BioBrick* que mantiene la estructura de las piezas originales, permitiendo iterar (combinar) el ensamblaje de varias partes genéticas para crear *BioBricks* más complejos [62].

Esta conceptualización permite que la atención de las personas ya no se centre en estudiar con profundidad cuál es la interacción molecular de una parte genética, sino que el foco se traslada a pensar en cómo aprovechar esta parte, o combinaciones de partes tal como si se tratara de piezas de legos, para desarrollar distintas aplicaciones biotecnológicas [60]

1.3.3.2 Modularidad

La finalidad de este principio es dividir un proyecto complejo, o problema complejo, en varias secciones menos complejas que puedan ser trabajadas independientemente. Luego, al finalizar se integra el trabajo de todas las secciones para lograr el objetivo principal. Cabe destacar que, si bien la modularidad facilita el desarrollo de proyectos de manipulación genética al trabajar en distintos niveles de complejidad, el resultado final no siempre es la simple suma de las secciones, pues en el proceso de integración

es posible obtener nuevas sinergias o resultados, debido a la complejidad de los sistemas biotecnológicos [60].

1.3.3.3 Abstracción

Es un proceso mental que permite ignorar detalles innecesarios para entender el funcionamiento de sistemas complejos. La finalidad de este principio radica en crear jerarquías con niveles distintos de abstracción, de tal forma que las personas puedan trabajar a un nivel de complejidad adecuado a sus proyectos [60]. Parte de este proceso consiste en utilizar analogías con otras disciplinas para explicar ciertos comportamientos de la biología sintética. Por ejemplo, la regulación genética es usualmente llamada circuito genético por la similitud de las redes regulatorias que se dan en la electrónica [63], [64].

Dentro de este principio, es importante destacar la modelación y simulación matemática, pues se vuelve una herramienta de diseño esencial en el campo de la biología sintética, en donde se utiliza para la predicción y análisis de posibles comportamientos que tendría un sistema biológico, basándose simplemente en tecnologías informáticas y parámetros de diseño. La ventaja de esto radica en que puede evitarse etapas experimentales innecesarias en la construcción del sistema biológico, optimizando recursos y tiempo de trabajo que pueden facilitar y acelerar las fases de prototipaje [65].

Si bien la biología sintética puede ser aprovechada por distintas disciplinas, a los ingenieros debería hacerles más sentido por los pilares en que se fundamenta. Entonces, la base formativa que entrega la FCFM podría ser muy útil para abordar la biología sintética y aprovechar su potencialidad para diseñar aplicaciones. Además, podría favorecer que las ramas de las ciencias se integren a los distintos proyectos interdisciplinarios que se desarrollan en la Facultad.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Diseñar una metodología para orientar el desarrollo de proyectos estudiantiles de innovación y emprendimiento en biotecnología en el marco de la FCFM.

1.4.2 Específicos

1. Caracterizar la situación actual en torno a innovación y emprendimiento estudiantil en el DIQBT.
2. Analizar distintos elementos claves presentes en el desarrollo de un proyecto biotecnológico.
3. Definir la secuencia de etapas de la metodología, estableciendo indicadores de éxito para cada paso.
4. Integrar en la metodología a la biología sintética como una herramienta que facilita el desarrollo de proyectos en biotecnología.
5. Proponer recomendaciones para la implementación y mejora continua de la metodología.

1.5 Alcance del trabajo

Dado que las aplicaciones de la biotecnología y de la biología sintética pueden abarcar una gran variedad de sectores: salud, medioambiente, alimentos, acuicultura, agricultura, manufactura, fermentación, bioinformática, entre otras, la guía elaborada se orienta a aquellos emprendimientos que hagan uso de la manipulación genética de organismos como estrategia para el diseño de tecnologías que puedan ser ofrecidas como un producto, o un servicio, a algún usuario y/o cliente determinado. Por esta razón, los proyectos que no impliquen concretamente la modificación genética de organismos, como los proyectos de bioinformática, no son el centro de este trabajo. No obstante, de todas formas la guía podría servirles como aproximación general al proceso, pues algunas etapas son genéricas independiente del área de aplicación.

Por otro lado, si bien el trabajo central de esta memoria es establecer las etapas necesarias para llevar a cabo un emprendimiento en biotecnología, la metodología no abarca en gran profundidad cada etapa, pues no existe un único camino para emprender. Más bien, el propósito de este trabajo es sentar las bases de una primera versión de una guía que oriente a estudiantes sin conocimientos sobre cómo iniciar un emprendimiento en biotecnología. Asimismo, como la metodología está orientada a estudiantes universitarios, ésta enfatiza las primeras etapas relevantes para un emprendimiento, pues serían más fáciles de llevarse a cabo en un contexto estudiantil. Si bien también se mencionan las etapas finales, éstas no se abordan con tanto detalle como las primeras, ya que requieren de elementos y experiencia que, en ocasiones, no son tan sencillos de acceder en la universidad.

En futuros estudios, a cargo de otros autores, podrán levantarse nuevas propuestas interesantes, como por ejemplo diseñar estrategias acabadas de integración de esta metodología en los cursos de la malla curricular de la carrera de Ingeniería civil en

Biotecnología, o implementar un sistema de validación de las etapas propuestas mediante el seguimiento de estudiantes que apliquen la metodología, pues esto no se alcanzará a concretar en este trabajo por temas de tiempo y recursos.

De esta manera, quedará abierta la profundización, direccionamiento y mejora continua de las etapas establecidas, ya que la metodología podría constituir un factor crítico de identidad y posicionamiento de la FCFM y del DIQBT para el desarrollo de la vinculación de la biotecnología con los sectores productivos, industriales y de servicios, puesto que la ausencia de redes y de conocimiento respecto de las necesidades o de las potencialidades impide construir el puente que requiere la Facultad para el despliegue de emprendimientos biotecnológicos innovadores a nivel nacional.

Adicionalmente, permitiría abrir una oportunidad para la FCFM y el DIQBT para impulsar más tangiblemente las temáticas de ciencias biológicas en la Facultad, sobre todo con la inclusión de la biología sintética que tiene un fuerte componente ingenieril. Por esta razón, si en el corto o mediano plazo la FCFM desea reforzar la biología en la Facultad, desde una mirada ingenieril como ya lo hace con las otras ciencias, fomentar y propiciar los desarrollos biotecnológicos usando biología sintética podría convertirse en una decisión bien encaminada [24], [66].

Finalmente, si bien la metodología se orienta a estudiantes de la FCFM, es probable que la guía elaborada pueda ser utilizada en otros contextos universitarios, e incluso, en otros contextos donde alguien desee utilizar la metodología independientemente.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Biotecnología

2.1.1 Industria biotecnológica internacional

De acuerdo a la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) la biotecnología se define como la aplicación de la ciencia y tecnología en organismos vivos o, partes de ellos, para la producción de conocimiento, bienes o servicios [67].

La OCDE por varios años ha llevado un registro estadístico sobre la actividad biotecnológica que realizan empresas y centros de investigación y desarrollo (I+D) de sus países miembros [68]. Establece que una “empresa biotecnológica” se define como cualquier compañía que utiliza al menos una de las técnicas biotecnológicas descritas en la Tabla 2 para la producción de bienes o servicios, o para realizar I+D. Más específicamente, se define un subconjunto de “empresas biotecnológicas dedicadas” como aquellas que poseen una predominante actividad biotecnológica destinando al menos el 75% de su producción, o de su I+D, a la biotecnología [67].

Tabla 2: Lista de técnicas biotecnológicas definidas por la OCDE. Extraído de la OCDE [67].

Técnica biotecnológica	Descripción
ADN y ARN	Genómica, farmacogenómica, sondas, ingeniería genética, secuenciación/síntesis/amplificación de ADN y ARN, perfiles de expresión génica y uso de tecnología antisentido.
Proteínas y otras moléculas	Secuenciación/síntesis/ingeniería de proteínas y péptidos, mejoramiento de métodos de destinción de fármacos, proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, señalización, identificación de receptores celulares.
Células, cultivo de tejidos e ingeniería	Cultivo de células y tejidos, ingeniería de tejidos, ingeniería biomédica, fusión celular, vacunas e inmuno estimulantes, manipulación de embriones.
Procesos biotecnológicos	Fermentación usando biorreactores, bioprocesamiento, biolixiviación, biodespulpado, bioblanqueamiento, biodesulfuración, biorremediación, biofiltración y fitorremediación.
Genes y vectores de ARN	Terapia génica, vectores virales.
Bioinformática	Construcción de bases de datos de genomas y secuencias de proteínas, modelamiento de procesos biológicos complejos.
Nanobiotecnología	Aplicación de la nano/microfabricación para construir dispositivos que permitan estudiar biosistemas y aplicaciones en destinción de fármacos, diagnósticos, etc.

De acuerdo a los últimos registros de la OCDE, la industria biotecnológica ha estado en constante crecimiento en el último tiempo. Al año 2013, EEUU lideró la lista con 11.367 empresas biotecnológicas activas versus las 3.301 empresas que poseía al año 2006. Cabe destacar que, de las 11.367 empresas, sólo un 10,2% (1.165) corresponde a empresas biotecnológicas dedicadas. No obstante, la mayoría de las empresas actuales aún son pequeñas. Para el caso de EEUU, del total de empresas biotecnológicas activas, aproximadamente el 72% (8.184) corresponde a empresas con menos de 50 empleados [68]. Esto deja de manifiesto que la masa crítica de personas

de este sector aún es pequeña. En la Figura 8 se puede apreciar el número de empresas biotecnológicas de otros países integrantes de la OCDE al año 2013.

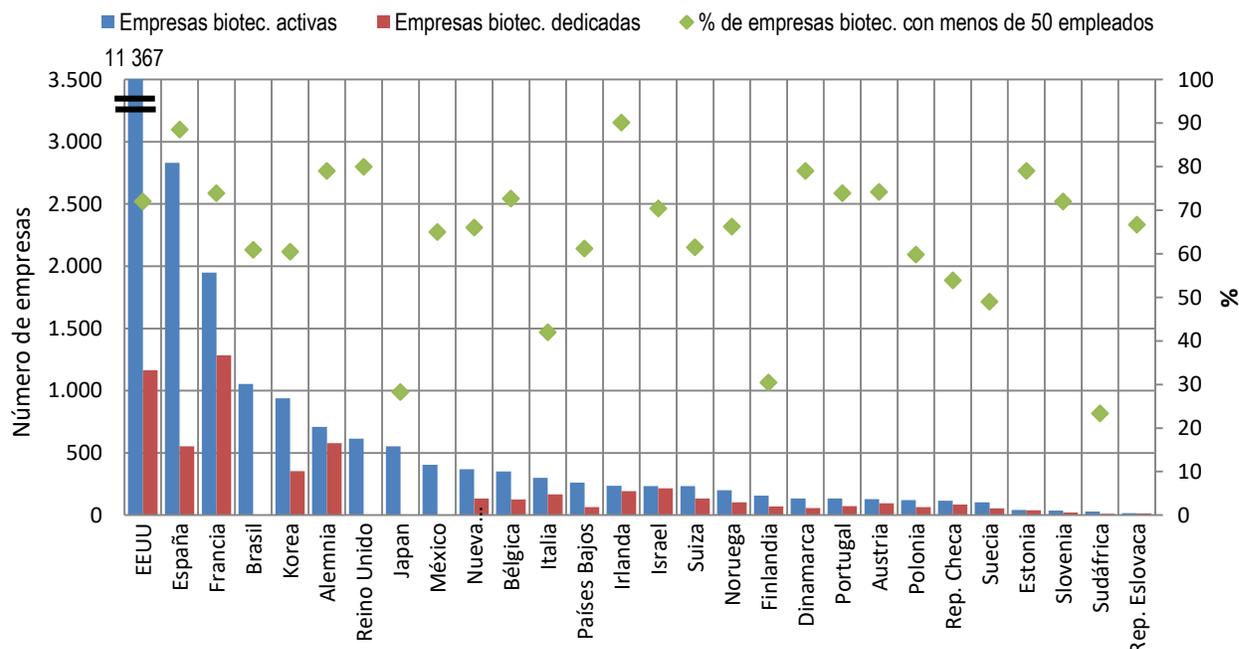


Figura 8: Número de empresas biotecnológicas activas, número de empresas biotecnológicas dedicadas y porcentaje de empresas biotecnológicas activas que poseen menos de 50 empleados en países de la OCDE al año 2013. Adaptado de OCDE [68].

2.1.2 Industria biotecnológica chilena

En Chile, la industria de la biotecnología es un sector emergente. Según ASEMBIO, al año 2009 existían alrededor de 200 entidades dedicadas a la biotecnología, entre empresas biotecnológicas y centros de investigación, distribuidas principalmente en los sectores agroindustrial (41%), salud-diagnóstico humano (27%), y acuicultura, alimentos, bioprocesos y biotecnología industrial (el 32% restante). Cuatro años después, se catastraron aproximadamente 250 organizaciones biotecnológicas, ubicadas principalmente en la Región Metropolitana y, en menor medida, en Concepción, Antofagasta y Valparaíso [34].

Recientemente en julio del 2016, ProChile, la institución gubernamental responsable de promover la oferta exportable de bienes y servicios chilenos, presentó una nueva caracterización del sector biotecnológico chileno. El estudio contó con una muestra de 41 casos, cuyos principales hallazgos corresponden a que:

- Las empresas son en su mayoría (64%) de tamaño micro y pequeñas, existiendo un 23% que aún no registran ventas.
- Un 44% de las empresas encuestadas tienen 5 o menos años de antigüedad.
- El 62% de las empresas encuestadas cuenta con 10 o menos trabajadores.
- El 47 % de la fuerza de trabajo de las empresas corresponde a mujeres.
- Los principales medios de financiamiento corresponde a subsidios, fondos de inversión y ventas directas de productos y servicios.

- La salud se presenta como el principal sector hacia el cual se dirigen los desarrollos biotecnológicos. Sin embargo, igualmente hay incidencia en otros sectores tales como la minería, la agricultura, la acuicultura y silvicultura.
- Un 29% de las empresas exportan, destacándose como mercados de interés Estados Unidos y Latinoamérica (Perú, Brasil y Colombia)
- La principal barrera para el desarrollo y acceso a los mercados internacionales, constituyen los costos de inversión inicial.
- Se aprecia una tendencia a proteger la propiedad intelectual, siendo Chile la prioridad para ello. Otros mercados preferidos son Estados Unidos y Canadá.

Dicho estudio, arroja que la mayoría de las empresas biotecnológicas son recientes y aún pequeñas, alineado en gran medida con la tendencia mundial. Además, si se compara el número de empresas biotecnológicas que existen en Chile (aprox. 250) con el total de empresas chilenas declaradas en el Servicio de Impuestos Internos a septiembre del 2016 (aprox. 1.074.040), el rubro biotecnológico representa el 0,02%, quedando claro que la masa crítica biotecnológica de Chile aún es reducida [47].

Pese a este pequeño porcentaje, de todas formas hay avances, por ejemplo en biominería, donde se han utilizado bacterias para disolver metales, como el cobre, en yacimientos de poca ley a un bajo costo y de manera amigable con el medio ambiente. En este sector destacan los esfuerzos realizados por las empresas BioSigma y BHP-Billiton, que en conjunto han invertido hasta el 2009 más de 20 millones de dólares en Chile. Otra área emergente en el país ha sido la de biocombustibles, que en el 2009 recibió un aporte de inversión pública superior a los 30 millones de dólares, para el desarrollo de tecnologías de cultivo masivo y de optimización genética de micro y macro algas para la producción de biodiesel, y para la obtención de etanol a partir de lignina. Estos desarrollos se han llevado a cabo principalmente por la empresa estadounidense de biocombustibles Bio Architecture Lab, más conocida como BAL Inc. En cuanto a empresas ligadas al sector de salud, el 2010 la compañía biotecnológica chilena Andes Biotechnologies logró conseguir una inversión de 4 millones de dólares para desarrollar sus programas preclínicos en el uso de una novedosa terapia contra el cáncer basada en ARN mitocondriales no codificantes [34].

A pesar de que suele cuantificarse el desarrollo de la biotecnología en términos económicos, su impacto no es solo monetario, pues también puede impactar positivamente en el medio ambiente así como también en el aspecto social. Sin embargo, como toda tecnología, la biotecnología tiene fortalezas y debilidades que se presentan en la siguiente sección.

2.1.3 Fortalezas y debilidades de la biotecnología

De acuerdo a ProChile, los países de economías más desarrolladas han promovido el avance de la biotecnología, principalmente, porque al ser aplicable en prácticamente todas las áreas productivas de un país permite incrementar la productividad, diversificar la matriz productiva y exportadora, y generar empleo, pues ya sea al momento de comenzar una nueva empresa o de expandir alguna existente, se necesita profesionales y técnicos altamente capacitados en ciencias, así como también profesionales y técnicos de otras áreas para lograr equipos interdisciplinarios efectivos.

Asimismo, con el uso de organismos se puede mejorar la eficiencia de fabricación y/o mejora de procesos, productos y servicios, o desarrollar nuevos productos y servicios que serían muy difícil de generar sin aplicar la biotecnología, por lo tanto les añade valor. Además, si es bien usada, la biotecnología podría ayudar a diseñar procesos más limpios en la industria [20].

No obstante, la industria biotecnológica intrínsecamente aún presenta barreras de acceso que deben reducirse a futuro. Entre estas barreras se destaca:

Conocimiento técnico: Como en el resto de las áreas, debe manejarse un lenguaje técnico que permita la comunicación y entendimiento en un proyecto de biotecnología. Dado que el recurso base de esta área son los organismos vivos, naturalmente existe cierta complejidad para entender el funcionamiento de todos los procesos biológicos. Esta característica provoca que pocas personas se interesen en esta área, pues deben tener cierto grado de especialización dependiendo del área de aplicación [69]. Si bien la biología sintética busca volver más simple el manejo de la biotecnología, aún son avances incipientes [24].

Tiempos de desarrollo: Sumado a lo anterior, hacer biotecnología es lento en comparación a otras áreas. Usualmente requiere de una larga fase de investigación, desarrollo y experimentación (años), que usualmente es llevada a cabo en laboratorios con equipamiento e infraestructura especial [70], [69].

Financiamiento: Debido a la complejidad y largos tiempos de desarrollo, las empresas biotecnológicas requieren de grandes sumas de dinero para poder sostener las fases de investigación y desarrollo de sus proyectos [69]. Por esta razón, no muchos inversionistas se ven interesados en biotecnología, ya que las rentabilidades son más lentas en comparación a otros sectores. Además, estos tipos de proyectos se caracterizan por ser de alto riesgo, existiendo la probabilidad de que el producto no resulte ser completamente efectivo [70].

Modelo de Negocio y Comercialización: La mayoría de las empresas de biotecnología está orientada a la investigación y desarrollo, en el sentido de hacer ciencia y descubrir nuevos procesos. Esto ya implica una gran labor, por lo que integrar la comercialización de los productos usualmente les hace perder el foco de trabajo. De esta manera, las empresas biotecnológicas suelen privilegiar proteger intelectualmente su trabajo para posteriormente licenciar sus tecnologías a otras empresas expertas en producción y comercialización como método de financiamiento [69].

A modo de ilustrar más concretamente estas particularidades de la biotecnología, en la Tabla 3 se muestra un cuadro comparativo con el sector de tecnologías de la información (telecomunicaciones y computadores) que ha tenido grandes desarrollos en las últimas décadas.

Tabla 3: Tabla comparativa entre la industria biotecnológica y la industria de las tecnologías de la información. Adaptado de D. Hine y J. Kapeleris 2006 [69].

Característica	Tec. de la información	Biotecnología
Tiempo de desarrollo	Entre 6 a 12 meses.	Varios años.
Conocimiento técnico	No es difícil aprender haciendo.	Comúnmente se requieren PhDs.
Recursos	Horas-hombre, hardware, software, gastos generales.	Capital intensivo con altos costos de oportunidad.
Financiamiento	Bajo (2-3 millones de dólares).	Alto (para fármacos puede requerir hasta 500 millones de dólares).
Regulación	Baja regulación por la rapidez del mercado.	Industria altamente regulada.
Ética	Existen códigos pero usualmente son voluntarios.	Es un asunto público.
Lanzamiento y desarrollo de producto	El producto puede lanzarse sin ser perfecto y mejorarse con el tiempo.	El producto debe estar finalizado y altamente testeado antes del lanzamiento (sobre todo para medicamentos).
Propiedad intelectual	Pocas patentes.	Predominante.

De esta manera, queda claro que para las empresas biotecnológicas, en general, no es sencillo desarrollar un producto completo, como sí lo es para las empresas de tecnologías de la información. Por ejemplo, para una empresa de *software* computacional, es relativamente sencillo contratar programadores para que escriban el código fuente del producto (programa). Luego el producto es vendido, obteniéndose rápidamente retorno económico, además de la retroalimentación de los clientes que permiten mejorar las características del programa en el tiempo. En cambio para un producto biotecnológico, por ejemplo un fármaco, podría tomar hasta 15 años y 500 millones de dólares para efectivamente llevarlo al mercado, después de sobrepasar exitosamente las pruebas clínicas necesarias.

2.2 Ecosistema de innovación y emprendimiento en biotecnología

2.2.1 Antecedentes generales y definiciones

A lo largo de la historia, mucho se ha discutido en torno al concepto de emprendimiento o emprendedor. Se considera al economista Richard Cantillon como el primero en introducir el término en el siglo XVIII, planteando que emprendedores son aquellos especialistas en tomar riesgos, en el sentido de que compran bienes a cierto precio en el presente para venderlos a cierto precio (desconocido) en el futuro [71]. Con el tiempo, el concepto se fue ampliando gracias a la contribución de varios economistas, llegando al punto de que no existe una definición de emprendimiento aceptada completamente. No obstante, todas mantienen en su raíz el carácter de aquella persona que asume individualmente el riesgo del éxito o fracaso de iniciar un negocio [2], [71].

Fue Joseph Schumpeter en 1934 quien consolidó una definición de emprendimiento que es mayormente reconocida hoy en día, postulando que los emprendedores son personas innovadoras que toman ventaja del cambio para desarrollar nuevos productos, procesos, mercados, modelos de negocios y/o formas de aprovechar los nuevos recursos, que se traducen en grandes transformaciones en los mercados [71].

2.2.1.1 Innovación

Para comprender de mejor manera el postulado anterior, es necesario definir el concepto de innovación. De acuerdo al Manual de Oslo de la OCDE [72], que sirve de guía para la recolección e interpretación de datos sobre innovación, se define este concepto como:

“Una innovación es la introducción de un producto (bien o servicio) o de un proceso, nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas.”

En la Tabla 4 se detallan brevemente estos 4 tipos de innovación mencionados en el Manual.

Tabla 4: Tipos de innovación de acuerdo a la OCDE, 2006 [72].

Tipo	Descripción
De producto	Referido a la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o al uso al que se destina.
De proceso	Introducción de un nuevo o, significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución que implique cambios significativos en las técnicas, materiales y o programas informáticos.
Comercial	Aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, su promoción o su tarificación principalmente con el fin de satisfacer mejor las necesidades de los consumidores
Organizacional	Es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa que permitan mejorar el nivel de satisfacción en el trabajo y por ende aumentar la productividad.

Sobre la clasificación anterior, la innovación también puede clasificarse en dos tipos según su grado de originalidad, existiendo la posibilidad, por ejemplo, de una innovación radical por producto.

Tabla 5: Tipos de innovación de acuerdo a su grado de originalidad.

Tipo	Descripción
Innovación incremental	Referida a innovaciones que se desarrollan de manera continua y en forma paralela al proceso de cambio. Usualmente corresponden a innovaciones marginales o a leves modificaciones [73]. Como ejemplo, se puede considerar el aumento de las pantallas de los <i>smartphone</i> para una mejor interfaz, o la mejora de eficiencia de algún proceso productivo.
Innovación Radical	Corresponde a innovaciones de alto grado de novedad que generalmente destruyen un antiguo mercado para crear uno nuevo, existiendo mayores probabilidades de fracasar por la incertidumbre asociada [73]. Como ejemplo se encuentran los refrigeradores eléctricos que desplazaron a la antigua industria de producción de hielo, o los CDs que desplazaron a los antiguos <i>cassettes</i> [2].

2.2.1.2 Emprendimiento

Existe un fuerte vínculo entre los conceptos de emprendimiento e innovación. Incluso es habitual mencionarlos de manera conjunta, sin embargo, corresponden a conceptos diferentes. Por una parte el emprendimiento se refiere a la acción de iniciar un negocio, por otro lado, la innovación es la novedad o mejora que podría implementarse tanto en un emprendimiento como en una empresa ya consolidada [54].

Para efectos de este trabajo, se diferencia el emprendimiento clásico del emprendimiento basado en innovación [74].

Tabla 6: Diferencias entre un emprendimiento clásico versus un emprendimiento basado en innovación. Adaptado de B. Aulet 2013 [74].

Tipo	Descripción
Emprendimiento clásico	Está mayormente relacionado al surgimiento de pequeñas y medianas empresas, usualmente iniciadas por una persona o una familia. Este tipo de emprendimiento no conlleva implementar una innovación sino una actividad que genere ventas para lograr independencia económica. A lo más puede considerar pequeñas innovaciones incrementales para mantener la empresa. Estos negocios comúnmente prestan un servicio o venden productos de otras compañías, por ejemplo un restaurant o un quiosco. No obstante, su característica transversal es que están enfocados en mercados locales de riesgo relativamente bajo, así su crecimiento suele ser lineal hasta estabilizarse en el tiempo como lo muestra la Figura 9.
Emprendimiento basado en innovación	En este caso, la innovación pasa a ser una herramienta esencial del emprendedor. Está principalmente relacionado al surgimiento de negocios ambiciosos, dinámicos, usualmente desarrollado en equipos de personas en torno a una tecnología, proceso, modelo de negocios u otra innovación que represente una ventaja comparativa respecto a las compañías ya existentes. Su característica transversal es que se enfocan en mercados regionales o globales donde el riesgo es más alto. Generalmente están asociados a una innovación radical o disruptiva, a veces su crecimiento es lento al inicio; necesitando una gran inversión para compensar la pérdida de dinero, pero con el tiempo se vuelve exponencial si la propuesta es exitosa (Figura 9). Ejemplos de estos casos han sido Apple, Google, entre otros.

En la Figura 9 se muestra un gráfico ilustrativo que compara las tendencias de crecimiento en el tiempo de estos tipos de emprendimientos, en términos del flujo de caja.

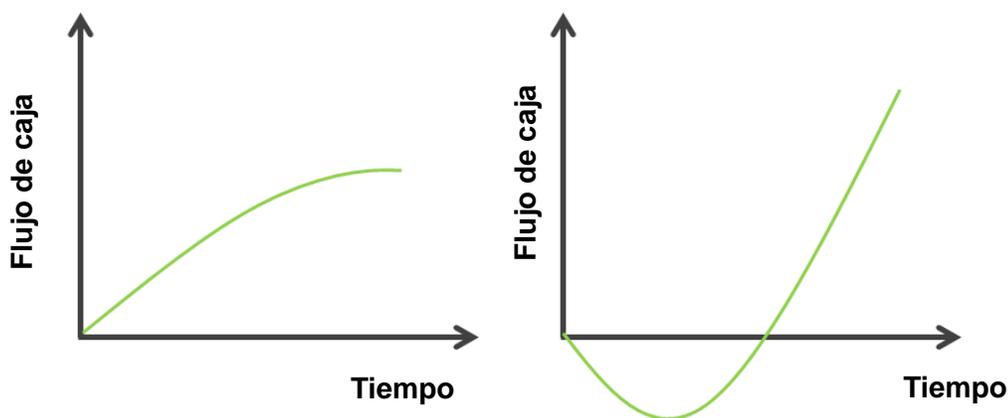


Figura 9: Emprendimiento clásico versus emprendimiento basado en innovación.
Adaptado de B. Aulet 2013 [74].

De acuerdo a los alcances de esta memoria de título, el trabajo se centra en torno a los emprendimientos basados en innovación, específicamente en aquellos relacionados en el uso de la biotecnología como herramienta de innovación. Para esto, en las próximas secciones se presentan los actores principales de este tipo de ecosistema, junto a las redes, metodologías o plataformas de apoyo que existen para el desarrollo de emprendimientos a nivel internacional y nacional.

2.2.2 Actores de un ecosistema de innovación y emprendimiento

La OECD ha revisado distintos autores que han tratado de definir un ecosistema de emprendimiento, llegando a la síntesis de que este ecosistema se puede definir como un conjunto de distintos actores interconectados, entre emprendedores, organizaciones, instituciones y distintos procesos empresariales, los que formal e informalmente se conectan, median y regulan el funcionamiento dentro del ecosistema [75].

Daniel Isenberg, uno de los mayores influyentes en este tema, ha identificado seis grandes dominios que interactúan de manera compleja para permitir que un ecosistema de emprendimiento se desarrolle exitosamente. Esta complejidad se ve representada en el diagrama de la Figura 10, donde se pueden apreciar estos dominios, junto a distintos subdominios, actores y elementos que interactúan en el ecosistema [76].

Si bien en el diagrama se muestran varios de los elementos que forman un ecosistema de innovación y emprendimiento, éste no está completo, pues es probable que existan muchos otros elementos que dependan fuertemente del contexto geográfico y temporal. Además, aunque todos los actores son relevantes para el éxito de los emprendimientos, dependiendo del área de trabajo se requerirían más elementos de uno u otro dominio [76]. Por ejemplo, como fue mencionado en la sección 2.1.3, los emprendimientos biotecnológicos se verían muy favorecidos si el ecosistema poseyera una sólida estructura en los dominios de capital humano, para contar con las personas capacitadas técnicamente, soporte, para contar con la infraestructura necesaria, financiamiento, por las grandes sumas de capital, y políticas, por las regulaciones e incentivos.



Figura 10: Dominios de un ecosistema de emprendimiento. Adaptado de D. Isenberg 2011 [76].

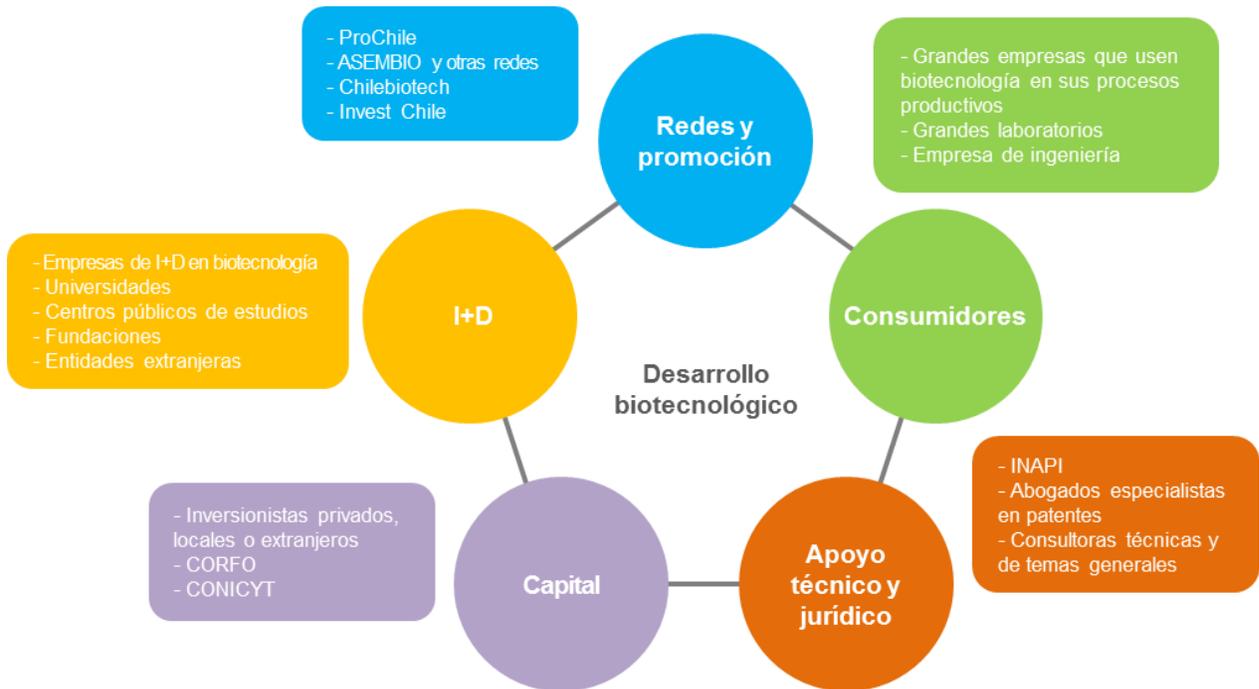


Figura 11: Ecosistema biotecnológico chileno. Adaptado de ProChile [20].

De esta manera, no sería extraño esperar que cada ecosistema surja bajo una determinada combinación de condiciones y circunstancias propias de cada lugar [76], como han sido los conocidos ecosistemas de Silicon Valley, Nueva York, Londres, Toronto y Tel Aviv, entre otros [77].

En el caso chileno, ProChile establece que el desarrollo de la biotecnología en el país es posible dentro del ecosistema mostrado en la Figura 11, compuesto por cinco actores principales que intercambian conocimientos y capitales de tipo económico y social [20].

Comparándolo con el ecosistema internacional de la Figura 10, se puede apreciar que el ecosistema chileno de biotecnología contiene varios de los actores principales. La gran diferencia reside en que el ecosistema chileno no considera explícitamente el dominio de cultura, probablemente debido a que las temáticas de innovación y emprendimiento en el país aún no permean en la mayoría de la población. No obstante, independientemente de esto, Chile ya cuenta con un ecosistema basal que entrega las condiciones básicas para permitir que se desarrollen emprendimientos de base biotecnológica. De esta manera, contar con una guía orientativa de emprendimiento en biotecnología podría aportar a generar y potenciar la cultura de innovación y emprendimiento faltante en el país.

En esta línea, a continuación se detallan algunos de los actores del ecosistema biotecnológico chileno.

Redes y promoción: el país cuenta con redes que buscan conectar las distintas iniciativas biotecnológicas de Chile. Entre ellas se encuentra ASEMBIO, la Asociación Chilena de Empresas de Biotecnología [34], y RedBionova, la plataforma que conecta a investigadores, emprendedores, profesionales y estudiantes del área de las ciencias de la vida realizando distintos eventos como los cada vez más convocados ciclos de *Biotech Tonic* [78].

Apoyo técnico y jurídico: dentro del ecosistema se pueden encontrar otras plataformas de apoyo que han adquirido relevancia para el sector. Entre ellas, Start Up Chile, la aceleradora chilena de emprendimientos de fase temprana que busca posicionar al país como el centro de innovación y emprendimiento de Latinoamérica [79], Laboratorio de Gobierno, una iniciativa relativamente reciente que tiene por objetivo promover la innovación dentro de las instituciones del Estado chileno [80], R2B Catalyst, una reciente plataforma privada que presta servicios de apoyo a emprendimientos de base científica para que puedan efectivamente materializar sus negocios [81].

Capital: últimamente, también han surgido distintos instrumentos y programas de apoyo económicos para emprendimientos biotecnológicos. Entre ellos se encuentra el Programa Darwin, convocado por primera vez este año por la empresa R2B Catalyst y la incubadora de negocios Austral Incuba, orientada a prestar asesoría empresarial y a entregar financiamiento a emprendimientos biotecnológicos chilenos [82]. También se encuentran los programas concursables de CORFO que entrega fondos entre los 10 a 60 millones de pesos [83]. Igualmente, se encuentran las redes de inversionistas ángeles, un buen recurso para emprendedores que están en búsqueda de capital para sus proyectos, y las plataformas de *crowdfunding*, que cada vez ganan más notoriedad

como buena estrategia de financiamiento colectivo, incluso existiendo varias plataformas que han surgido en Latinoamérica [84].

I+D: varias empresas que realizan I+D en biotecnología pueden encontrarse como socios de ASEMBIO: Biosonda, Genzymes, BioinGentech, Biosigma, etc [34]. Dentro de las fundaciones se puede encontrar a Fundación Ciencia y Vida orientada a promover las ciencias, emprendimiento y educación de la biología [85]. Como centros de investigación se pueden destacar al Centro de Biotecnología y Bioingeniería (CeBiB) que posee sedes en las ciudades de Antofagasta, Temuco, Puerto Montt y Santiago [86], y al Centro de Biotecnología de la Universidad de Concepción [87].

Consumidores: se puede identificar a la multinacional Pfizer que posee una parte considerable del mercado de los medicamentos [88], a Biosigma, centrada en biolixiviar minerales sulfurados de cobre [89], DuPont, que dentro de sus muchas tareas desarrolla soluciones biotecnológicas industriales [90], entre otras de las grandes empresas.

2.2.3 Metodologías para desarrollar un emprendimiento basado en innovación

Hasta ahora, se han visto las características principales de los proyectos biotecnológicos y se han descrito los actores esenciales de los ecosistemas que fomentan el surgimiento de emprendimientos en biotecnología. De esto se podría inferir que no existe una única combinación óptima que asegure el éxito del emprendimiento, pues depende de muchos factores, condiciones, contexto e interacciones propias del ecosistema, además del tipo de proyecto y del equipo de trabajo, entre otras. Sin embargo, es posible resumir el proceso en cinco etapas generales:



Figura 12: Resumen esquemático del proceso general de un emprendimiento basado en innovación. Adaptado de B. Velasco [91].

Si bien el esquema anterior resume el proceso general, no existe un solo camino que permita concretarlo. Han surgido diversas metodologías que buscan guiar este proceso, abordando las etapas y factores esenciales que un emprendedor debería tener en cuenta para aumentar las probabilidades de triunfar con su proyecto.

En esta sección se describen de manera general 4 metodologías orientativas, para las cuales puede ser útil tener en cuenta las siguientes definiciones:

- **Usuario:** corresponde a las personas que efectivamente hacen uso del producto o servicio que resuelve su necesidad.
- **Cliente:** corresponde a la entidad que compra y paga por el producto o servicio. En ocasiones puede coincidir con que sea el mismo usuario final, pero no necesariamente es así.
- **Mercado:** consiste en un conjunto específico de usuarios y una o más tipos de aplicaciones posibles que dicho usuario podría ejecutar.

2.2.3.1 Metodología 1: ¿Cómo empezar un emprendimiento biotecnológico?

Esta metodología fue publicada el 2014 por Adriana Tajonar del California Institute of Quantitative Biosciences (QB3), San Francisco [92]. En su artículo, ella propone que los emprendimientos pueden convertirse en uno de los vehículos que logre la transferencia efectiva de los conocimientos y tecnologías generadas en las universidades para lograr la innovación. No obstante, reconoce que el ciclo de vida de un emprendimiento biotecnológico no es sencillo, ya que involucra diversas etapas, de las cuales varias son similares a la trayectoria de un proyecto de tesis doctoral (ver Figura 13)

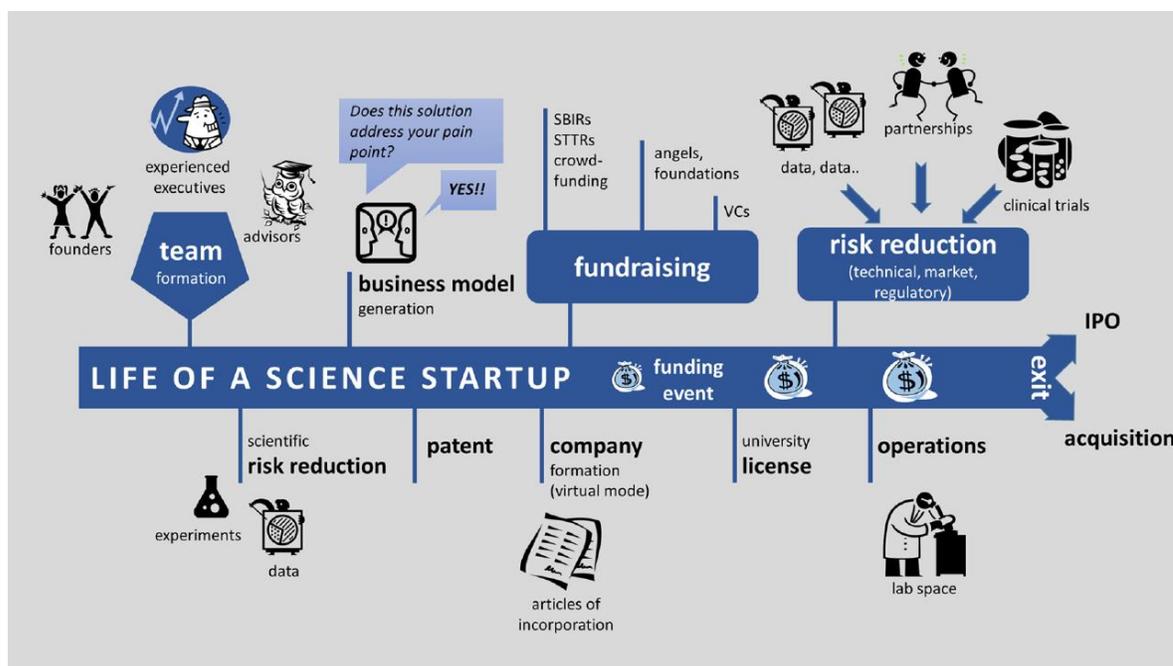


Figura 13: Ciclo de vida de un emprendimiento en biotecnología. Extraído de A. Tajonar 2014 [92].

A continuación se describe brevemente algunos consejos entregados por A. Tajonar para el proceso de emprender en biotecnología.

Identificar el problema: es necesario tener muy claro cuál es la necesidad o problema que se resolverá y que exista un mercado suficiente de empresas, laboratorios, investigadores o usuarios finales que estén dispuestos a pagar por la solución.

Aprender a identificar oportunidades: en ciertas ocasiones una tecnología puede tener más de una aplicación. En estos casos es mejor partir en un mercado pequeño para testear el producto y luego pensar en entrar en mercados más grandes.

Formación del equipo: el equipo de trabajo debe contar con diversidad de competencias técnicas, científicas y organizacionales requeridas para que puedan complementar sus habilidades, repartir la responsabilidad del trabajo y equilibrar la experiencia entre principiantes y experimentados en beneficio del proyecto, pues los inversionistas reconocen la importancia de los equipos de trabajo. Si bien en etapas tempranas es difícil otorgar al equipo de trabajo sueldos comparativos al de la industria,

se recomienda como estrategia de incentivo entregar parte de las acciones de la empresa a los miembros del equipo. Por lo mismo, una característica importantísima del equipo y de los emprendedores es la de saber tolerar el fracaso para no rendirse fácilmente, ya que emprender es como un viaje en montaña rusa, donde los beneficios se obtienen a largo plazo. Para esto es necesario que el equipo deba estar apasionado por el problema que se busca resolver.

Identificar los riesgos: como en etapas tempranas existen muchos riesgos asociados al proyecto (técnicos, regulatorios, comerciales), un objetivo principal del equipo debe ser focalizar el tiempo de trabajo para validar suposiciones del mercado. De esta manera, se disminuye la incertidumbre y el riesgo del proyecto, lo que a futuro facilita el acceso a financiamiento.

Descubrir y testear el modelo de negocios: una de las tareas es descubrir cómo la empresa se ajustará al mercado, es decir, definir la propuesta de valor, los clientes y socios, etc. Para esto se necesita salir a terreno (fuera del laboratorio u oficina) para poner a prueba las hipótesis de modelo de negocio.

Buscar asesoría legal: se destaca la importancia de buscar la asesoría de un buen abogado acorde a la temática del proyecto, aun cuando pueda ser ligeramente más costoso de lo que el equipo está dispuesto a pagar, ya que será de gran ayuda al momento de definir la estructura legal de la empresa y de estudiar los temas de protección intelectual.

Buscar financiamiento: en etapas tempranas, el riesgo del emprendimiento es alto, por lo que se deben aprovechar todas las instancias que existan para lograr financiar el proyecto, desde familiares y amigos hasta concursos, instrumentos estatales, inversionistas ángeles, *crowdfunding*, capitales de riesgo, entre otros. Por ello es relevante planificar un presupuesto que permita priorizar y destinar sabiamente los recursos a las actividades claves del emprendimiento.

Conocer a los inversionistas: antes de solicitar financiamiento, es recomendable investigar los intereses y proyectos en que han participado los inversionistas que se contactarán, pues esto ayuda a dirigir el discurso (qué se hará, cuánto se necesita y cómo se usará el dinero). Además, se destaca la importancia de escuchar los consejos de los inversionistas aun cuando no se concrete ningún acuerdo.

Aprender a comunicar la idea: una de las tareas predominantes de los emprendimientos es la obtención de retroalimentación de los distintos actores involucrados. Para ello es importante aprender a comunicar el proyecto sobre todo si el equipo pretende presentar una patente de su tecnología, pues en este caso deben evitar la revelación de los aspectos técnicos.

Mantenerse informado y conectado: informarse y crear redes es clave para el éxito del emprendimiento. Para ello hay que salir a conocer qué está ocurriendo con otros emprendedores del área, conversar con otras personas que hayan creado sus propias compañías o ser parte de grupos o clubes de emprendimiento. Toda la información encontrada será útil para ajustar el emprendimiento al contexto exterior.

2.2.3.2 Metodología 2: La disciplina de emprender

Esta metodología se plantea en el libro escrito por Bill Aulet, director general del Centro Martin Trust para emprendimiento del MIT, para servir de orientación en el proceso de construcción de empresas basadas en innovación que desarrollen productos. Orientada para emprendedores, principiantes y experimentados, la metodología consiste en un proceso de 24 etapas agrupadas en 6 secciones principales que se describen brevemente a continuación:

Sección 1 - ¿Quién es el cliente/usuario?: esta primera sección incluye 6 de los pasos de la metodología, dirigidos principalmente a determinar un potencial mercado en el que se pueda desarrollar un emprendimiento sustentable en el tiempo. Para esto, la sección involucra estrategias de identificación, segmentación y selección de potenciales mercados. Luego investigaciones en terreno de dichos mercados para explorar y analizar el contexto que permita identificar problemáticas u oportunidades que estén afectando a las personas que conviven en ese mercado. También incluye etapas de construcción de perfiles de los usuarios objetivos a los que se les ofrecerá una propuesta de solución para validar si estarían dispuestos a pagar por el producto (la solución). Finalmente, con todo este análisis se cuantifica el tamaño potencial del mercado objetivo para evaluar si es lo suficientemente grande para sustentar el futuro emprendimiento.

Sección 2 - ¿Qué puedes hacer por ellos?: una vez caracterizado el mercado en el que se identificó una problemática u oportunidad, esta segunda sección aborda 5 etapas orientadas a definir cuál es la propuesta de valor del emprendimiento, es decir, clarificar cómo los usuarios que tienen el problema se verán beneficiados por la solución a entregar. Por esta razón, la sección involucra tareas tales como averiguar cuál es la ruta que actualmente los usuarios utilizan para satisfacer su problema, definir las especificaciones del producto que se ofrece como solución, definir las características que diferencian al producto y, al emprendimiento en sí, de la competencia. Con todo este trabajo, finalmente se debe formular claramente la propuesta de valor de la solución que se implementará posteriormente.

Sección 3 - ¿Cómo adquieren tu producto?: esta sección está principalmente dirigida a determinar de qué manera el usuario objetivo hace la compra del producto ofrecido. Consta de 3 etapas que permitan determinar cuáles son los actores involucrados en la compra del producto para definir cuál de ellos es el que realmente hace el pago por la solución, es decir, encontrar el cliente. Este proceso va apoyado con la creación de rutas que permitan a esta persona poder adquirir el producto y pagar por él. En otras palabras, esta sección aborda cómo el cliente compra el producto y cómo es vendido por la empresa.

Sección 4 - ¿Cómo haces dinero con tu producto?: habiendo definido los aspectos de las secciones anteriores, esta cuarta sección consta de 4 etapas para establecer cómo el emprendimiento puede ser económicamente rentable en el tiempo. Por este motivo, la sección incluye 4 etapas para diseñar el modelo de negocios de la organización, para establecer el precio del producto y para estimar los costos asociados al proceso de atraer y mantener los clientes en la empresa.

Particularmente, se menciona que es de gran relevancia la protección intelectual de los desarrollos biotecnológicos, pues actúan como un bien de alto valor que pueden rentabilizarse si, por ejemplo, el modelo de negocios del emprendimiento se basa en el licenciamiento de la tecnología desarrollada. Los argumentos entregados para esto son similares a los ya descritos en la sección 2.1.3.

Sección 5 - ¿Cómo diseñas y construyes tu producto?: las etapas anteriores están enfocadas principalmente a validar que existe un mercado suficientemente grande en el que se puede llevar a cabo un emprendimiento sostenible en el tiempo, estableciendo los canales y maneras en que se obtendrá valor del cliente. Una vez que todo esto está realizado, esta sección contempla 4 etapas enfocadas en el diseño y construcción del producto que soluciona la problemática del cliente. Para esto, el equipo de trabajo debe construir un producto mínimo viable (PMV), es decir, un producto que sea funcional conteniendo los requerimientos mínimos. El objetivo de este PMV es la obtención de retroalimentación valiosa por parte de los usuarios que hacen uso del PMV. De esta manera, con la información se puede ir perfeccionando el producto.

Sección 6 - ¿Cómo escalas tu producto?: esta última sección de la metodología consta de 2 etapas, orientadas a visualizar la expansión del emprendimiento. Para esto se estima el tamaño potencial de otros mercados adyacentes y se define un plan de implementación estratégica que establezca cuál será la ruta para expandir el emprendimiento a futuro.

Cabe destacar que la metodología es genérica, en el sentido de que no fue diseñada para un área específica de desarrollo, por ejemplo, no aborda todos los detalles propios de un emprendimiento biotecnológico. No obstante, la ventaja de este método es que establece un esqueleto de etapas que aplican de manera general para la mayoría de los emprendimientos basados en innovación. De esta manera, a pesar de no ser una metodología específica para biotecnología, de igual forma puede usarse como base para guiar el proceso de desarrollo de un emprendimiento de esta temática. Por otro lado, el autor también destaca que esta metodología puede ser aplicada dentro de un contexto académico para enseñar a los estudiantes los pasos básicos de cómo levantar un emprendimiento basado en innovación, así como también puede ser usada por aquellas personas que de manera independiente deseen iniciar un emprendimiento.

2.2.3.3 Metodología 3: The Lean Startup

Esta metodología fue concebida por Eric Ries [93], un reconocido emprendedor y consejero por varios años. Básicamente, la metodología aplica el pensamiento *lean*⁴ al proceso de innovación para sentar un nuevo método de gestión de emprendimientos, pues para él, una *startup* (o emprendimiento) es:

“Una institución humana diseñada para crear nuevos productos y/o servicios en condiciones de incertidumbre extrema.”

⁴ Referido el pensamiento *lean manufacturing* ideado por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo en el sistema de producción flexible de Toyota, Japon. Consiste en un modelo de gestión enfocado a entregar el máximo valor para el cliente, utilizando la mínima cantidad de recursos necesarios.

De esta manera, este método entrega un conjunto de prácticas y herramientas para aprender velozmente del mercado en el que se busca emprender. Para ello uno de los principales postulados de la metodología es evitar la planificación excesiva de los proyectos para salir a experimentar en terreno (fuera de las oficinas y pizarras) lo más pronto posible.

Para lograr esta experimentación, la metodología adapta el método científico para proponer el uso de un circuito de retroalimentación, llamado Crear-Medir-Aprender, que se usa en el proceso de desarrollo de un emprendimiento (Ver Figura 14). Esto les permita a los equipos aprender continuamente del mercado para descubrir cómo crear un emprendimiento sostenible en el tiempo que aproveche los recursos eficientemente.

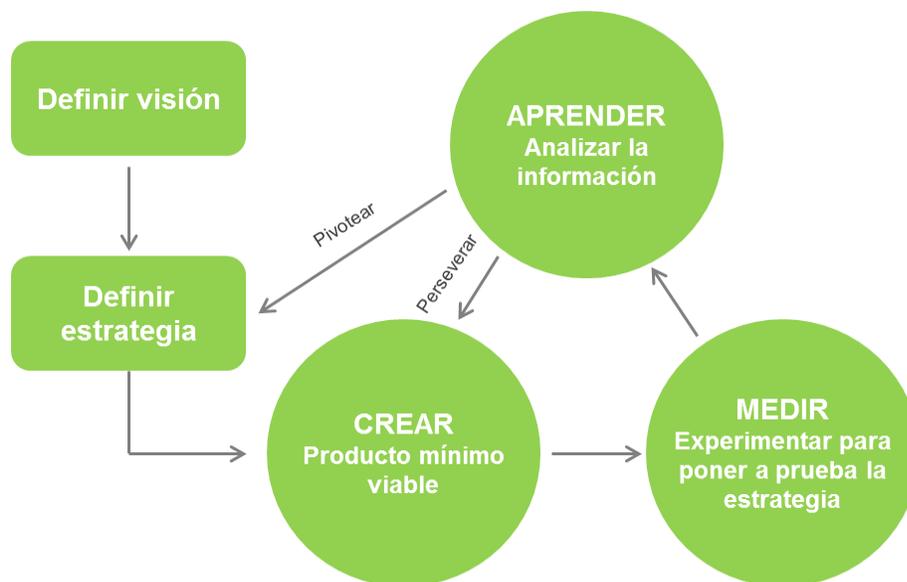


Figura 14: Circuito de retroalimentación Crear-Medir-Aprender. Adaptado de E. Ries 2011 [93].

En la práctica, el proceso se implementa en el orden mostrado en la figura anterior. No obstante, el planteamiento inicial se realiza en el orden opuesto, descrito a continuación:

Aprender: Basado en la visión establecida por el equipo de trabajo para su emprendimiento, se define una estrategia que les permita alcanzar dicha visión. La particularidad de esta estrategia es que está mayormente basada en hipótesis y supuestos de mercado, ya que como se definió anteriormente los emprendimientos están en un ambiente de incertidumbre extrema, es decir, a priori no se sabe realmente qué es lo que quiere el público objetivo. Por esta razón, el equipo debe establecer las hipótesis o suposiciones que desea verificar en el proceso, como por ejemplo, ¿Hay potenciales clientes que tengan el problema que el producto pretende solucionar?.

Medir: Una vez establecidas las hipótesis que se buscan validar, se deben definir los indicadores que permitan cuantificar y medir la información que se obtenga. Además, se debe definir la metodología del estudio, es decir, determinar que experimentos realizar.

Crear: Este paso consiste en construir un producto mínimo viable (PMV) de acuerdo a lo establecido en los pasos anteriores. Este producto se caracteriza por poseer la cantidad mínima de características que lo vuelven funcional. De esta manera, sirve como

instrumento de experimentación para realizar las pruebas necesarias en el mercado que permitan al equipo aprender sobre las hipótesis y supuestos planteados al inicio.

Una vez planteados los aspectos del circuito, lo que se busca es que los potenciales usuarios hagan uso del producto, pues de esta manera se obtiene información valiosa que se contrasta con las hipótesis planteadas, pudiendo validar o descartar su veracidad. Luego, con este aprendizaje validado, el equipo realiza los ajustes necesarios a las hipótesis, a los indicadores y al producto mínimo viable para luego volver a experimentar. Cabe destacar que en cada iteración, el equipo se ve enfrentado a tomar la decisión de perseverar, es decir, seguir iterando sobre las hipótesis validadas, o bien de pivotear, es decir, replantearse la estrategia definida para cambiar de forma estructural las hipótesis formuladas al inicio para probar otras nuevas.

Adicionalmente, es relevante mencionar que la metodología fue concebida principalmente para orientar el desarrollo de emprendimientos de tecnologías de la información (T.I.), ya que como fue mencionado en la sección 2.1.3, éstos suelen tener plazos de ejecución relativamente cortos, principalmente porque el *gap* que existe entre que surge la idea, o necesidad, y la creación del PMV, es menor al *gap* que se presenta en emprendimientos de biotecnología, permitiendo que los proyectos de T.I. puedan obtener retroalimentación del mercado rápidamente. Por esta razón, la metodología podría no ser completamente compatible con emprendimientos de biotecnología. No obstante, algunos de los principios postulados por el método *lean startup* son transversales a todo tipo de proyectos. Por esta misma razón, algunos autores ya han ideado algunas estrategias de cómo poder adaptar este método al área biotecnológica, puesto que ayudaría a mitigar el riesgo técnico de los proyectos [94]. Así, las observaciones planteadas consisten básicamente en:

Validación previa: debido al *gap* mencionado, la biotecnología posee la desventaja de que no puede validar un mercado inmediatamente usando un PMV, en comparación a un proyecto de T.I, pues escribir un código básico es menos complejo que el diseño y la experimentación requerida en biotecnología. Por este motivo, la propuesta de adaptación consiste en generar un perfil de producto lo más detallado posible y con éste salir a validar un mercado potencial. En la práctica, este perfil, que podría presentarse como un folleto, se convertiría en una especie de PMV preliminar.

Implementación del PMV: una vez validado un mercado, es decir, existirían usuarios que comprarían el producto explicado en el folleto, se propone que el equipo de trabajo focalice todos sus esfuerzos y capital en la creación del verdadero PMV, el que correspondería a una versión inicial del producto ofrecido con el sistema biológico implementado. Como la etapa de experimentación toma tiempo, se enfatiza que el equipo debe ser riguroso y eficiente con el trabajo, para realmente actuar veloz como propone el método *lean startup*.

Exploración mercados adyacentes: en el proceso de experimentación es posible que se descubran nuevas aplicaciones del producto, o que incluso, se desarrollen otros productos secundarios que puedan tener aplicaciones interesantes. Por esto, luego de completar el paso anterior se sugiere explorar y evaluar la pertinencia de estos descubrimientos en mercados diferentes al validado inicialmente.

2.2.3.4 Metodología 4: Design Thinking

Es una metodología surgida en la Universidad de Stanford centrada en entender las necesidades reales de los usuarios para luego entregar una solución. Es una metodología que proviene de la manera en la que trabajan los diseñadores de producto, por esa razón su nombre [95].

Básicamente consiste en 5 etapas no lineales que buscan hacer coincidir las necesidades de las personas con lo tecnológicamente factible para construir un emprendimiento viable. Estas etapas se describen concisamente a continuación [95], [96]:

Empatizar: la primera etapa del proceso consiste en lograr una gran comprensión del contexto, del espacio y de las necesidades de los usuarios que se intentará atender con una propuesta de solución generada por el emprendimiento. Por ello, el llamado es a ponerse en el lugar de las personas, pues de esta manera la empatía generada permite diseñar soluciones que mejor se ajusten a las reales necesidades de las personas. Entre las técnicas usadas en esta etapa se encuentra la observación, la realización de entrevistas, la construcción de un mapa de actores y de un mapa de empatía, la técnica de los 5 por qué o la inmersión cognitiva.

Definir: en esta etapa, se discrimina la información recopilada en el paso anterior para quedarse con lo esencial que permita hacerse una idea concreta de cuáles son las problemáticas principales que están afectando a los usuarios. Es la etapa que acota el campo de acción para focalizar el trabajo de los próximos pasos. Como técnicas de esta etapa están el desarrollo de un perfil de usuario, la construcción de un mapa de interacción de usuarios o la elaboración de gráficos e imágenes que ayuden a analizar la información.

Idear: una vez identificada claramente la problemática, esta etapa está centrada en generar el mayor número posible de ideas innovadoras de solución. Para ello se debe favorecer la creatividad y eliminar los prejuicios de valor para lograr obtener una numerosa y variada cantidad de alternativas. Las dinámicas de lluvia de ideas, pedir consejos de personas con experiencia o la realización de mapas mentales son técnicas usadas en esta etapa.

Prototipar: el objetivo de esta etapa es transformar las ideas en realidad, es decir, concretizar una idea en algún objeto físico de cualquier tipo. Esto ayuda a visualizar las posibles soluciones. Como técnicas de esta etapa se presenta la construcción de maquetas, de bosquejos, de infografías, de guiones gráficos o la realización de juegos de roles.

Testear: durante esta etapa, se pone a prueba el prototipo directamente con los usuarios implicados en la problemática que se intenta resolver. Este proceso ayuda a identificar fortalezas y debilidades que permitan mejorar el prototipo. Mientras más iteraciones se logren realizar con el usuario, más se podrá aprender sobre sus necesidades particulares para lograr el producto final. Algunas técnicas para esta etapa consisten en realizar grupos focales para hacer que los usuarios utilicen el prototipo, pruebas de usabilidad u observación encubierta.

La ventaja de este método es que es un generador de innovación y puede ser aplicado a cualquier campo y niveles de trabajo, desde el desarrollo de productos o servicios hasta la mejora de procesos o la definición de nuevos modelos de negocio [96]. Por lo tanto, podría ser una metodología aplicable a los emprendimientos biotecnológicos.

Hasta aquí se presentaron los antecedentes de 4 metodologías. Su comparación y análisis más desarrollado se presenta en el capítulo 4.

En la siguiente sección se presentan algunos de los actores relevantes del nuevo ecosistema de innovación y emprendimiento que se busca instaurar en la FCFM, pues podrían contribuir tanto para el diseño como para la implementación futura de la metodología que este trabajo pretende proponer.

2.2.4 Una Nueva Ingeniería para el 2030

La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la universidad de Chile comenzó la implementación de su plan estratégico en el 2015. Éste se lleva a cabo en 5 ejes principales: Gestión del cambio, Transferencia tecnológica, Relaciones internacionales, Armonización curricular y Emprendimiento. Cabe mencionar que este último eje está encargado de implementar el programa Open Beauchef para conectar la Facultad con la sociedad, motivando a estudiantes y académicos a trabajar en propuestas innovadoras que puedan abordar las problemáticas existentes en la sociedad [97].

2.2.4.1 Open Beauchef

Es el ecosistema abierto de innovación y emprendimiento ubicado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. OpenBeauchef tiene como misión fundamental generar y promover las condiciones en la FCFM que permitan pasar de la invención a la innovación, ésta última entendida como la comercialización o utilización de dicha invención por los usuarios finales. Para ello, el ecosistema busca apoyar el desarrollo de capacidades emprendedoras en estudiantes, investigadores y académicos, propiciando la creación de proyectos multidisciplinarios y emprendimientos de índole tecnológica que aporten al entorno nacional e internacional [98].

Para la implementación de este programa, OpenBeauchef cuenta con 3 ejes principales [98]:

GIE-3eraMisión: corresponde a la Oficina de Gestión de la Innovación y el Emprendimiento para la 3era Misión. Tiene como tarea principal la coordinación de las actividades del programa, del financiamiento, del control y medición de indicadores de desempeño, entre otras tareas.

OpenLab: este espacio corresponde al Laboratorio de Innovación y Emprendimiento de la FCFM, especialmente diseñado para generar encuentros, interacciones y colaboraciones entre estudiantes, investigadores y creadores de las diversas facultades de la Universidad de Chile, en conjunto con participantes de la academia, mundo empresarial, ámbito público, egresados e inversionistas, entre otros.

Fab851: este segundo espacio corresponde al taller de diseño y fabricación digital de la FCFM. Posee equipamiento variado para transformar ideas en productos reales y funcionales, enfocándose en la fabricación personalizada (a medida).

Hasta la fecha, OpenBeauchef ha coordinado distintas actividades para promover la formación del ecosistema de innovación y emprendimiento. Entre ellas se destacan el concurso de innovación y emprendimiento “Descubrir y atraer cometas lejanos”, el torneo de emprendimiento tecnológico OpenBeauchef-IBM centrado en generar soluciones a problemas en el ámbito de la salud en el país, la generación de programas de apoyo para emprendimientos del ecosistema, la realización de variadas charlas informativas, explicativas y motivadoras, entre otras [98].

2.2.4.2 Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología

El Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) es parte de la FCFM. Tiene como misión realizar labores de docencia, investigación científica y tecnológica, extensión y prestación de servicios en el área de su especialización. Actualmente se encarga de ofrecer dos planes de estudios de pregrado: Ingeniería civil Química e Ingeniería civil en Biotecnología, ambas carreras ligadas fuertemente a la concepción, diseño, operación e implementación de procesos productivos [99].

Si bien la FCFM no se caracteriza por su arista biotecnológica, en el último tiempo el Departamento se ha encargado de promover las ciencias biológicas entre los estudiantes de ingeniería con la creación de dos cursos electivos: BT3402-Biología para Ingenieros y Científicos y BT5423-Biología Sintética. Sumado a lo anterior, el Departamento se encuentra en proceso de creación de laboratorios de ciencias biológicas aplicadas asociados a estos cursos, con un Fondo de Apoyo a la Docencia de Pregrado de la Universidad de Chile adjudicado el 2014 [100].

Por otra parte, numerosos estudiantes se han organizado en el DIQBT para dar formación a variadas agrupaciones estudiantiles, muchas de las cuales cuentan con participación de académicos. Entre estos grupos se pueden encontrar: Comisión de Docencia, Diseño Sustentable, Ecología Industrial desde la Simbiosis, OpenBio UChile y Recicla [99]. De todos estos grupos, se destaca OpenBio UChile por su fuerte aproximación biotecnológica para el desarrollo de sus actividades.

2.2.4.3 OpenBio UChile

OpenBio UChile, un grupo organizado interdisciplinario, colaborativo y sin fines de lucro, formado el 2013 por la iniciativa de estudiantes del DIQBT, principalmente motivados por impulsar el desarrollo de la biología sintética en el país de manera *open source* para el beneficio de la sociedad. Actualmente, OpenBio UChile está constituido por estudiantes de pregrado de distintas especialidades y de algunos estudiantes de posgrado, egresados y académicos. El grupo ha participado en distintas actividades, entre las cuales destacan, la Semana de las carreras del DIQBT, el Festival de Ingeniería y Ciencias de la FCFM, el Festival de Grupos Organizados en la FCFM, talleres interactivos, representar por primera vez a la Universidad en la competencia iGEM del 2015, generar material de divulgación científica, entre otras [101].

Uno de los proyectos emblemáticos del grupo ha sido la participación en la competencia iGEM del 2015, donde exhibieron una propuesta de un sistema biológico de dos bacterias modificadas genéticamente capaces de producir, en conjunto, el polímero biodegradable ácido poliláctico o PLA (*polylactic acid* por su sigla en inglés) [42], [101].

De acuerdo al propio análisis del grupo (documento disponible en su página web www.openbio.cl), la competencia representó un proceso altamente formativo para los estudiantes participantes, puesto que implicó aplicar y aprender distintas competencias tales como manejo de conceptos técnicos de biología molecular y biología sintética, trabajo en laboratorio, trabajo y comunicación efectiva en un equipo interdisciplinario, vinculación con el medio, diseño e implementación de estrategias de financiamiento, resolución de conflictos grupales (tanto técnicos como emocionales), planificación y gestión de tiempos de trabajo, nociones de diseño gráfico para difundir el proyecto, entre otras [101].

Por este motivo, es interesante estudiar las etapas principales que enfrentó el grupo para poder llevar a cabo el proyecto, pues podrían servir de insumo para el trabajo de esta memoria [42], [101]:

La concepción de la idea y la formación del equipo: el equipo comenzó su formación a mediados de octubre del 2014, abarcando estudiantes de pregrado y posgrado de ingeniería civil química y biotecnología. Entre las ideas de proyectos surgidas se encontraban bacterias capaces de calentar agua, capaces de actuar como bio-cortinas y capaces de producir el plástico biodegradable PLA, siendo este último el proyecto escogido. Con el tiempo, se unieron al equipo personas de otras especialidades: ingeniería civil industrial, ingeniería en biotecnología molecular y diseño industrial.

La organización del equipo: el equipo se reunió semanalmente desde marzo del 2015. Para la toma de decisiones se propiciaba un ambiente participativo para que todos los integrantes pudiesen dar su opinión, con el fin de que los consensos finales convergieran a la opinión de la mayoría. En cuanto a los aspectos operativos del grupo, existieron varias transformaciones en el tiempo con el fin de ajustarse a la mejor alternativa de trabajo en equipo y varias conversaciones para solucionar los roces que surgieron a lo largo del proceso.

La inscripción del equipo en la competencia: para esta tarea, parte del equipo estuvo previamente centrado en la búsqueda de financiamiento para costear la inscripción de 4.000 mil dólares. Para esto prepararon un prospecto ilustrativo del proyecto y del equipo que sirvió para difundir el proyecto y llamar la atención de algunas organizaciones financieras.

El diseño del proyecto: esta etapa implicó una gran revisión bibliográfica tanto de los mecanismos moleculares que permitieran la producción del PLA como de los conceptos y técnicas básicas de biología sintética para poder diseñar el circuito genético que regularía el comportamiento de las bacterias. Luego, se realizó una carta Gantt para orientar las tareas de laboratorio.

La implementación del proyecto: en esta etapa fueron ejecutadas las tareas definidas en el paso anterior, aplicando distintas técnicas de biología sintética y biología

molecular. La inexperiencia del equipo y la complejidad del proyecto dificultaron que se pudiera concretar completamente a tiempo.

La vinculación con el medio: ésta es una sección muy valorada en la competencia. Consiste en que los equipos sean capaces de acercar e involucrar la biología sintética a la sociedad. Específicamente, el grupo abordó una arista educativa diseñando e implementando un taller de legos en dos colegios de Santiago [102], [103] para enseñar interactivamente los principios básicos de la biología sintética a estudiantes de enseñanza media. También se logró generar redes con los otros equipos chilenos que participaron de la competencia el 2015 (revisar Tabla 1 de la sección 2.1.2) y con algunos equipos extranjeros a distancia.

La búsqueda del financiamiento: la recaudación de fondos fue una parte importante del proceso, puesto que se debió costear la compra de pasajes de los integrantes que fueron a presentar el proyecto, la entrada al *Jamboree* por cada asistente y el alojamiento y la alimentación correspondiente. Para ello se armó un presupuesto y se realizaron distintas actividades:

- **Campaña de crowdfunding:** se utilizó la plataforma Fondeadora para promocionar el proyecto, aproximadamente por 40 días, por las distintas redes del grupo, logrando recaudar un monto neto cercano a los \$2,3 millones de pesos.
- **CONICYT:** se solicitó a este ente estatal la colaboración para financiar algunas entradas al evento, obteniendo como aporte \$1,8 millones de pesos.
- **Sigma-Aldrich:** Esta empresa fue una de las pocas que respondió a la solicitud del equipo, auspiciando al grupo con reactivos de laboratorio, valorados en aproximadamente \$1 millón de pesos.
- **DIQBT y CeBiB:** fueron actores muy relevantes para este proceso, ayudando de distintas maneras, entre ellas, con financiamiento.
- **Familiares y amigos:** primer grupo de personas a la que se solicitó financiamiento. Un porcentaje no menor del presupuesto fue costeado de esta manera.
- **Actividades extracurriculares:** también se realizaron pequeñas actividades de venta de distintos productos para obtener financiamiento.

Cabe destacar que para lograr con éxito esta recaudación fue de suma importancia la difusión del proyecto y del equipo por las redes propias y redes de terceros.

La presentación del proyecto: los resultados del proyecto fueron presentados en Boston, EE.UU, tanto en un formato de presentación de 20 minutos como en un formato expositivo de póster, ambas instancias en inglés. Este evento permitió además conocer los proyectos de otros equipos del mundo y ampliar las redes de contactos del equipo. También existió la oportunidad de asistir a distintos *workshops* para ampliar los conocimientos de los miembros que viajaron.

Post-presentación: el equipo no tenía real claridad de qué ocurriría después de la competencia. Luego de distintas conversaciones se acordó seguir trabajando de manera extra-programática para lograr la implementación del proyecto diseñado que permitiera su validación experimental.

2.2.4.4 Curso electivo BT5423 - Biología Sintética

Es de amplio reconocimiento la importancia que tiene la formación integral de los estudiantes como futuros profesionales del país. De acuerdo a la Fundación Enseña Chile, el siglo XXI demanda un nuevo modelo de aprendizaje, que promueva que los estudiantes sean constructores de conocimiento, y protagonistas de su proceso de aprendizaje. Así, en distintas instituciones educacionales se ha venido adoptando el aprendizaje basado en proyectos como metodología de enseñanza, consistida en el desarrollo de un proyecto por parte de los estudiantes, buscando soluciones a problemas reales [104].

Este mismo estilo de aprendizaje es el que promueve el curso BT5423-Biología Sintética ofrecido por el DIQBT desde el 2014 como curso electivo para todas las especialidades de la Facultad, con el objetivo general de [105]:

“Conectar los principios fundamentales teóricos y prácticos de Biología Sintética, para la concepción y diseño de soluciones aplicadas, utilizando sistemas biológicos sintéticos, mediante el uso e integración de otras disciplinas.”

El autor de esta memoria ha tenido la oportunidad de ser parte del cuerpo docente en las 2 versiones impartidas de este curso en el año 2014 y 2015, respectivamente. En ambas ocasiones, se ha puesto la mayor relevancia en propiciar el aprendizaje basado en proyectos, instando a los estudiantes a identificar alguna problemática o necesidad de la sociedad para luego desarrollar un proyecto que busque compensarla. Lo particular de dichos proyectos es que deben poseer un fuerte componente biotecnológico, aplicando los fundamentos y herramientas de la biología sintética para la concepción y diseño de sus proyectos, involucrando conceptos de regulación genética, modelamiento y simulación matemática, evaluación de impactos, bioseguridad, entre otros. Por otro lado, permite poner en práctica una serie de habilidades y competencias transversales tales como trabajo en equipo, liderazgo en proyectos, capacidad toma de decisiones, capacidad de crítica y autocrítica, incorporar nociones de bioética y bioseguridad, planificación y gestión del tiempo, comunicación efectiva en forma escrita y oral, entre otras. Además, en la segunda versión del curso, se implementó una sección de trabajo experimental en laboratorio donde los estudiantes pudieron poner en práctica las técnicas básicas de la biología sintética, logrando exitosamente la modificación de bacterias para que fueran capaces de expresar una proteína fluorescente verde.

Pareciera complejo llevar a cabo proyectos de este estilo en el curso, pero la biología sintética otorga ventajas en este sentido, puesto que permite simplificar el complejo entendimiento de los fenómenos biológicos, para enfocarse en la tarea de buscar maneras de cómo aplicar el conocimiento ya generado y disponible en la red (principalmente en el Registro de Partes Biológicas Estandarizadas) para desarrollar soluciones. Así, este curso ha demostrado en sus dos años, que los estudiantes de la Facultad son capaces de concebir y diseñar proyectos innovadores de biología sintética para resolver alguna problemática u aprovechar alguna oportunidad.

3 METODOLOGÍA

3.1 Revisión y análisis de literatura

En esta primera etapa se realiza una revisión y un análisis bibliográfico de la literatura existente. El objetivo de esta sección es estudiar metodologías existentes que guíen sobre el proceso de desarrollo de proyectos, de emprendimientos y de innovaciones, idealmente con un enfoque estudiantil en un marco biotecnológico para responder a las siguientes preguntas claves:

- ¿Qué se necesita para iniciar un emprendimiento?
- ¿Cuáles son las etapas típicas de un proceso de emprendimiento?
- ¿Cuáles son los errores clásicos al emprender?
- ¿Cuáles son los elementos característicos de un emprendimiento en biotecnología?
- ¿Qué etapas del proceso son críticas en biotecnología?
- ¿Cómo se puede emprender en biotecnología al ser estudiante?

Del proceso de análisis se pretende desprender definiciones y conceptos importantes, así como también identificar los factores críticos que inciden en el proceso de desarrollo de un proyecto específico de biotecnología. Por esa razón se pone atención especial a los siguientes aspectos: financiamiento, tiempos de ejecución y validación del proyecto.

3.2 Análisis de experiencia personal

Para complementar la revisión y análisis bibliográfico, se estudia la experiencia personal del autor, vivida en el último tiempo en torno al desarrollo de actividades estudiantiles ligadas a biotecnología tales como la participación en los proyectos del grupo OpenBio UChile y como auxiliar docente del curso BT5423-Biología Sintética.

En este análisis se pone atención especial en los factores principales que han tenido una influencia positiva y negativa en el progreso de las actividades tales como dinámica de los equipos de trabajo, existencia de apoyos externos, planificación de tiempos y utilidad de la biología sintética, para responder a:

- ¿Qué precauciones se deben considerar al desarrollar un proyecto siendo estudiante?
- ¿Cómo ha sido la experiencia usando las herramientas de biología sintética?

3.3 Elaboración de una primera versión de la guía

Esta etapa de la metodología se basa en una adaptación del método *Lean Startup* de Eric Ries que propone crear rápidamente y con los recursos disponibles un prototipo que sea factible y fácil de testear con el público objetivo para obtener retroalimentación valiosa del usuario.

De esta manera, para efectos de la memoria de título, se construye una versión preliminar de la guía. Este proceso se divide en dos partes:

- **Parte I:** A partir de la literatura y experiencia analizada, se define una estructura general para la guía que contenga los pasos básicos necesarios para desarrollar un emprendimiento.
- **Parte II:** Definida la estructura general, se recogen del análisis los aspectos propios de un proyecto de biotecnología para agregar, modificar, quitar o reforzar pasos a la guía ideada en la Parte I.

De este proceso se pretende obtener una guía preliminar que contenga una secuencia de pasos generales del proceso de desarrollo de un emprendimiento (o proyecto) biotecnológico más una pequeña descripción de lo que implica cada paso.

Posteriormente, se utiliza esta primera versión de la guía en la realización de entrevistas a personas que actualmente están desarrollando proyectos ligados a biotecnología con la finalidad de obtener retroalimentación en torno a la secuencia propuesta. Luego, dicha información es procesada para la elaboración de la versión final de la guía.

3.4 Levantamiento de información

Para profundizar el estudio se levanta información de distintos actores: profesores del DIQBT, estudiantes del DIQBT y personas expertas externas al Departamento. Con esta información se caracteriza la situación actual del Departamento en torno al desarrollo de innovación y proyectos estudiantiles. Además, el estudio permite detallar los pasos y factores principales que influyen en el proceso de desarrollo de un proyecto de biotecnología.

El estudio se basa en la metodología descrita por Sampieri (2006) en el libro *Metodología de la Investigación*, contemplando las etapas de selección, diseño e implementación de los instrumentos, de acuerdo al público objetivo, para el posterior análisis mediante categorización e interpretación de la información obtenida. Cabe observar que para este proceso se contó con la asesoría de Natalia Zisis Banz, socióloga del OpenLab, el Laboratorio de Innovación y Emprendimiento de la Universidad de Chile.

3.4.1 Académicos del DIQBT

En cuanto a los académicos y profesores del departamento, se decide realizar una entrevista semiestructurada. Se diseña el cuestionario de preguntas para diagnosticar y conocer la percepción de algunos académicos sobre la situación actual del Departamento en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles en el DIQBT. Específicamente, se construye un set de preguntas (revisar Anexo A) en torno a los siguientes temas:

- a) Indagar su postura sobre integrar la innovación y emprendimiento en el DIQBT
- b) Conocer la postura sobre la posibilidad de que los estudiantes realicen proyectos en el DIQBT.
- c) Conocer la opinión sobre los proyectos de biotecnología.
- d) Obtener la opinión sobre la existencia de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes.

Cabe destacar que se permite a los entrevistados comentar sobre nuevos tópicos distintos que fueran relevantes para los fines de la entrevista.

Para la elección de los entrevistados se privilegian los siguientes criterios:

- **Cercanía con el área biotecnológica:** en el sentido de conocer y manejar los conceptos implicados en el proceso general del desarrollo de un proyecto o investigación biotecnológica.
- **Conocer aspectos administrativos del Departamento:** en relación a conocer los conductos existentes (o en poder visualizar posibles nuevos conductos) que permitan propiciar o apoyar el desarrollo de proyectos por parte del estudiantado.

Los entrevistados se contactan mediante correo electrónico para coordinar la sesión. En total se realizan cuatro entrevistas de manera presencial con una duración promedio de 35 min. En todos los casos, los entrevistados acceden a dejar un registro auditivo de la entrevista que es usado de manera anónima para el posterior análisis de la información recopilada.

Terminadas las entrevistas, se lleva a cabo el proceso de análisis de datos mediante estudio de patrones, categorización, codificación, síntesis y agrupamiento de la información para luego realizar la interpretación y desprendimiento de las principales conclusiones.

3.4.2 Estudiantes del DIQBT

Para los estudiantes se decide realizar un cuestionario de fácil acceso que pueda ser respondido de manera individual con el fin de abarcar la mayor cantidad de estudiantes del Departamento.

El cuestionario de preguntas se diseña con el objetivo de diagnosticar y conocer la percepción personal de los estudiantes sobre la situación actual en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles en el DIQBT, específicamente los extra-académicos, puesto que ellos podrán ser potenciales usuarios finales de la guía a elaborar. De esta manera, el público objetivo del cuestionario son todos los estudiantes de pregrado del DIQBT, tanto aquellos que participan o han participado de algún proyecto desarrollado extra-académicamente, como también quienes no han participado nunca.

Más detalladamente, la encuesta permite caracterizar la muestra de estudiantes que la respondieron y obtener su opinión en torno a las siguientes temáticas:

- a) Conocer el tipo de proyectos extra-académicos desarrollados por los estudiantes.
- b) Conocer la motivación de los estudiantes para desarrollar proyectos extra-académico.
- c) Conocer la experiencia del estudiante durante el desarrollo de un proyecto extra-académicos en el DIQBT.
- d) Conocer el interés en usar una guía orientativa basada en el desarrollo de emprendimientos biotecnológicos.

La encuesta, que puede consultarse en el Anexo B, se implementa en un formato digital (formulario de Google) y se publica en el foro de la comunidad del DIQBT a través de la plataforma docente U-Cursos. La encuesta estuvo disponible por un periodo de dos semanas, registrando las respuestas automáticamente en una planilla de cálculo para su posterior análisis.

Posteriormente, se analizan los resultados de las encuestas, prestando atención a los principales patrones y cruzando la información obtenida entre distintas preguntas, por ejemplo, para determinar el % de mujeres y hombres que han realizado proyectos extra-académicos.

3.4.3 Personas expertas externas

Para las personas externas al Departamento también se decide realizar una entrevista semiestructurada de manera presencial. El cuestionario de preguntas se diseña con el objetivo de conocer su percepción en torno al desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile y sobre la temática de biología sintética. Además, la entrevista tiene por objetivo obtener retroalimentación sobre la secuencia de pasos establecida en la primera versión de la guía comentada en la sección 3.3.

De esta manera, las preguntas, presentes en el Anexo D, se diseñan en torno a los siguientes temas, permitiendo a los entrevistados comentar sobre nuevos tópicos considerados relevantes para los fines de la entrevista:

- a) Conocer qué opina sobre el desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile.
- b) Conocer el proceso de desarrollo del proyecto en el que participa.
- c) Conocer su opinión sobre la aplicación de la biología sintética en proyectos de biotecnología.
- d) Obtener la opinión sobre la existencia de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes.

Para la elección de los entrevistados se privilegian los siguientes criterios:

- **Poseer experiencia biotecnológica:** en el sentido de que actualmente se encuentre trabajando en proyectos y/o emprendimientos de biotecnología, ya sea realizando investigación o desarrollando productos y/o servicios.
- **Poseer experiencia con técnicas de biología sintética:** en relación a que conozcan esta herramienta y hayan hecho uso de ella para sus proyectos.

Las personas externas se contactan mediante correo electrónico para coordinar la entrevista. En total se efectúan tres entrevistas, dos de manera presencial y una mediante Internet (videoconferencia), con una duración promedio de 28 min. Todas las entrevistas se registran auditivamente, de manera anónima, para el posterior análisis de la información recopilada. Terminadas las entrevistas, se aplicó la misma metodología de análisis usada para las entrevistas de los académicos.

3.5 Elaboración de la versión final de la guía

El objetivo de esta sección es entregar una propuesta descriptiva de una secuencia de pasos que permitan orientar a un estudiante sobre una metodología para desarrollar un proyecto o emprendimiento biotecnológico, aplicando conocimientos de biología sintética. Para cada uno de los pasos se prioriza la definición de en qué consiste y por qué es importante cada paso. Adicionalmente, para algunos de ellos se sugieren maneras de cómo llevarlos a cabo.

La elaboración de esta versión final de la guía se basa en la primera versión creada, pero incorporando la nueva información obtenida en el proceso de levantamiento de información, sobre todo la retroalimentación entregada directamente por las personas externas que actualmente trabajan en proyectos del área biotecnológica. La información recopilada dentro del DIQBT (encuesta a estudiantes y entrevista a académicos), si bien puede ser útil para la elaboración final de la guía, se usa principalmente para discutir en torno a cómo se podría implementar la utilización de la guía en el Departamento. Además, en el proceso se incorpora nueva bibliografía de utilidad para alimentar y complementar la elaboración de esta versión final cuando fuera pertinente.

4 DISEÑO DE PROPUESTA PRELIMINAR DE UNA GUÍA ORIENTATIVA

4.1 Análisis de la información

A partir de la revisión bibliográfica, se escogieron 3 metodologías relativamente recientes que actualmente orientan el desarrollo de emprendimientos. Cabe mencionar que el método *design thinking* surgió en una entrevista posterior, por esta razón no se incluyó su análisis para el diseño de esta primera versión.

Metodología de Ariana Tajonar: orientada para un público joven-estudiantil, describe de manera sencilla las etapas más importantes de un emprendimiento biotecnológico. Además, entrega distintos consejos de acuerdo a la experiencia que ha tenido con el desarrollo de este tipo de proyectos.

Metodología de Bill Aulet: si bien está orientada para un público general, gran parte de su estructura está influida por la experiencia de Bill como profesor de emprendimiento e innovación del MIT, por lo tanto, en cierto modo responde a las necesidades que sus propios estudiantes han tenido durante los cursos. Cabe destacar que es una metodología genérica, es decir, no es específica para emprendimientos biotecnológicos. No obstante, como gran parte de las 24 etapas planteadas son transversales a distintos tipos de proyectos, el método se vuelve aplicable al sector de la biotecnología, al menos en varias de las etapas.

Metodología de Eric Ries: aunque este método está principalmente orientado al desarrollo de proyectos de tecnologías de la información y podría no ser completamente compatible con emprendimientos de biotecnología, se rescata su filosofía que podría resumirse como “*planifica sólo lo suficiente (propone), para equivocarte lo más pronto que puedas (experimenta), para obtener retroalimentación lo más rápido posible (aprende)*”. Adicionalmente, como se mencionó en el marco teórico, existen propuestas de adaptación de esta metodología que podrían aplicarse efectivamente a emprendimientos de biotecnología.

A pesar de que estas 3 metodologías poseen distintos enfoques, coinciden en varios aspectos fundamentales al momento de emprender, como por ejemplo:

- La importancia de identificar claramente una problemática que esté afectando a alguien dispuesto a pagar por alguna solución, y que dicho mercado sea lo suficientemente grande, de otra manera no se lograría un emprendimiento sostenible en el tiempo.
- La importancia de las personas que componen el equipo del proyecto, pues el grupo debe poseer principios comunes y debe ser capaz de complementar sus distintas competencias trabajando colaborativamente. Además, es importante de que el equipo esté apasionado por la problemática para mantener la motivación alta.
- La importancia de actuar rápido, pues en el actual mundo globalizado, el éxito no lo tienen aquellos emprendimientos que poseen la idea primero, sino aquellos que trabajan constantemente para construir valor sobre su proyecto.
- La importancia de hacer las investigaciones de mercado directamente en terreno donde se encuentran las personas que tienen el problema, y no por Internet, pues esto permite contrastar los supuestos que tenga el equipo con la

información obtenida. En este punto, se destaca la empatía como herramienta que permite un análisis más profundo del mercado, ya que permite centrar la atención en el usuario.

- La importancia de estratégicamente modelar el negocio, validando sobre todo la propuesta de valor, pues no sólo concierne identificar el problema, sino que también tener la certeza de que las personas harán uso de la solución que ofrecerá el emprendimiento.
- La importancia de obtener financiamiento para costear la implementación del proyecto, pues claramente es un recurso infaltable para emprender, sobre todo para aquellos que basan su innovación en ciencia y tecnología, ya que se requieren altas sumas de inversión.

Junto a lo anterior, se destaca de forma importante el hecho de que existan las condiciones y herramientas propicias en el entorno (ecosistema) para favorecer los emprendimientos, porque de otra forma ni las mejores ideas podrían salir adelante, o sería mucho más difícil lograrlo. En este sentido, se puede desprender algunas lecciones del sector de la computación con el reconocido y robusto ecosistema de Silicon Valley en donde se han desencadenado grandes innovaciones de la sociedad [25].

Dentro de los errores que típicamente cometen los equipos de trabajo que emprenden, los autores mencionan la concepción y diseño de una solución, antes de saber realmente cuál es la problemática que se busca atacar (el equipo se apasiona por la solución y no por el problema). También se menciona que la excesiva planificación del emprendimiento es un error, pues frecuentemente esta planificación se basa en supuestos e hipótesis del grupo, que eventualmente pueden conllevar a que la solución planificada no se corresponda con las necesidades de los clientes. Como menciona Ries, los emprendimientos, más que administrarse como si fuera el lanzamiento de un cohete planificando cada detalle para no fallar, deberían gestionarse tal como se comporta un automóvil, pues presentan mayor versatilidad al momento de reconfigurar sus rutas para llegar a destino. A fin de cuentas, esto es lo que debe realizar un emprendimiento: probar distintas rutas para encontrar su nicho de mercado.

4.2 Elaboración de la primera versión de la guía

De esta manera, de acuerdo a las metodologías anteriores, se podrían definir 7 etapas centrales para un emprendimiento:

- Definición del equipo de trabajo y sus roles, bajo principios comunes.
- Definición de una idea de proyecto para solucionar alguna necesidad del entorno o bien una oportunidad.
- Validación de la idea propuesta, en el sentido de respaldar que exista un mercado al que le interese la solución y la disponibilidad de insumos para implementarla.
- Definición de la hoja de ruta y de los aspectos técnicos y comunicacionales del proyecto.
- Búsqueda de financiamiento para conseguir los recursos necesarios para el proyecto.
- Validación experimental del proyecto, por ejemplo, mediante la construcción de un prototipo que lo valide conceptualmente.
- Modelo de negocios para definir la propuesta de valor, clientes, socios, canales, etc.

Ahora bien, considerando algunos de los elementos propios de un emprendimiento de biotecnología, propuestos por A. Tajonar, la búsqueda de financiamiento se considera relevante, pues como se mencionó anteriormente estos tipos de proyectos suelen poseer tiempos extensos de implementación, lo que conlleva que sean de alto riesgo. De esta forma, recomienda aprovechar todas las instancias de financiamiento que existan, incluso preocuparse de formar y mantener buenas relaciones con potenciales inversionistas de este tipo de rubro.

Por otro lado, de la experiencia personal del autor participando del proyecto iGEM del grupo OpenBio UChile, se puede desprender que varios elementos coinciden con los propuestos por la literatura revisada. Por ejemplo, la búsqueda de financiamiento fue una tarea que le tomó al equipo gran parte del proceso, siendo necesario recurrir a distintas estrategias de financiamiento. Adicionalmente, se apreció que para este tipo de proyecto es de importancia el manejo del conocimiento técnico suficiente que permita el diseño teórico del proyecto, sobre todo si se utilizan las técnicas de biología sintética. Además, quedó en evidencia que es relevante conocer muy bien al equipo de trabajo, tanto para repartirse las tareas como para evitar roces que pueden tensionar las relaciones al interior del grupo y, en caso de que surjan, tener la capacidad entre todos de saber resolver los conflictos. Emprender, o incluso la realización de un proyecto en un ambiente académico, no es sencillo, por lo que es necesario estar consciente desde un inicio que participar en un proyecto de este estilo implica una gran carga de trabajo. De hecho, para el grupo fue difícil el proceso, pues no había completa claridad de cómo continuar a medida que se avanzaba en el proyecto, incluso luego de participar de la competencia iGEM no había claridad sobre que debería ocurrir con el proyecto.

Generalmente hay muchas otras actividades que no involucran trabajo en el laboratorio, sino que requieren vincularse con el medio y generar colaboraciones con otros grupos, así que el saber comunicarse con otros actores es de gran importancia, sobre todo al momento de presentar el proyecto para solicitar financiamiento.

Por otro lado, considerando la experiencia del autor como auxiliar del curso BT5423-Biología Sintética, se ha reforzado la idea de que los proyectos poseen un fuerte componente biotecnológico que debe ser necesario manejar: herramientas de la biología sintética para la concepción y diseño de sus proyectos, involucrando conceptos de regulación genética, modelamiento y simulación matemática, evaluación de impactos, bioseguridad, entre otros. Una diferencia que presenta este curso con las metodologías analizadas, es que la selección del equipo de trabajo se realiza posteriormente a la definición de las ideas de proyecto, y aun así, el curso ha logrado ser relativamente exitoso, bajo el periodo limitado de tiempo que tienen los estudiantes para desarrollar sus proyectos.

De esta forma, adicionalmente a las 7 etapas presentadas anteriormente, se considera pertinente enfatizar:

- Una sección inicial que contextualice el proceso de emprender en biotecnología y sobre qué se necesita para ello.
- Diseño técnico del proyecto aplicando conceptos y herramientas de la biología sintética, además de evaluar posibles impactos que puedan derivarse de la implementación.

- Búsqueda de financiamiento, que podría dividirse en dos partes: una para financiar la implementación experimental que permita validar técnicamente el proyecto (crear un prototipo), y otra parte para financiar el eventual escalamiento del proyecto (una vez validado).
- Una sección final que indique alternativas para continuar.

Además, a partir de la experiencia del curso BT5423-Biología Sintética, podría complementarse lo anterior con lo descrito sobre el equipo de trabajo, en el sentido de que podría darse el caso de que para el proyecto se defina primero la idea y luego el equipo de trabajo, o el equipo de trabajo y luego la idea, como mencionan las metodologías anteriores.

Considerando todo el análisis anterior, se muestra en la Figura 15 un esquema que resume en 10 pasos esta primera versión de la guía, la que posteriormente se utilizará en las entrevistas con los expertos externos para obtener retroalimentación de esta propuesta.

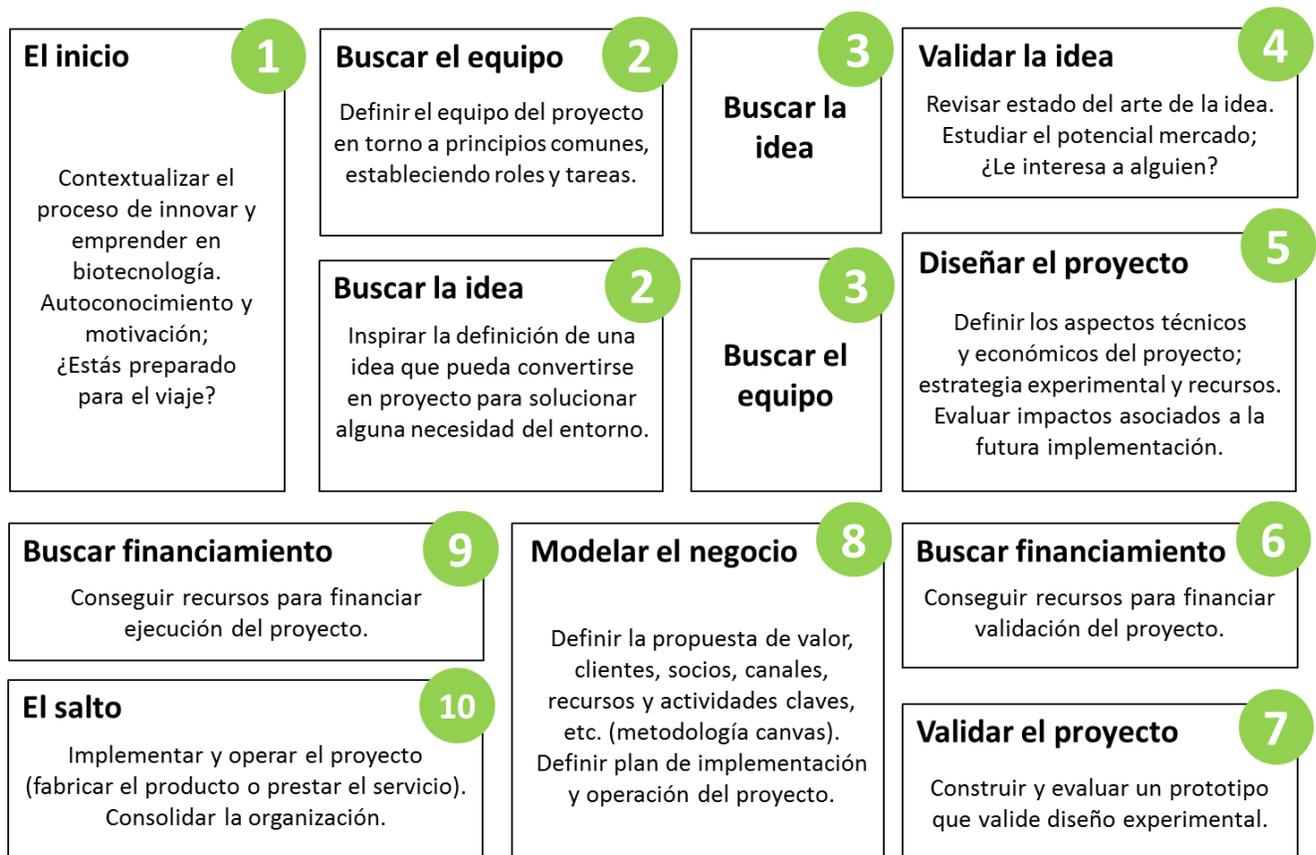


Figura 15: Propuesta de orden de pasos para la primera versión de la guía.

5 DISEÑO DE PROPUESTA FINAL DE UNA GUÍA ORIENTATIVA

5.1 Análisis de la información recopilada

5.1.1 Resultados de las entrevistas realizadas a los profesores del DIQBT

Durante el mes de julio del 2016 se realizaron 4 entrevistas semiestructuradas a académicos del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) que están de algún modo relacionados con el área biotecnológica:

- Francisco Gracia – Profesor Asistente y Jefe Docente del Departamento.
- María Elena Lienqueo - Profesor Asociado del Departamento.
- Álvaro Olivera - Profesor Asistente del Departamento.
- Juan Asenjo – Profesor Titular del Departamento y Director del CeBiB.

Su selección fue intencionada para abarcar la mayor cantidad de opiniones posibles, por lo que cumplen una, o más de una, de las siguientes funciones en el Departamento: investigación, docencia y administración, cada una de ellas representando distintos niveles de cercanía con los estudiantes del Departamento.

De esta manera, la finalidad del estudio fue examinar la situación actual en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles en el Departamento desde el punto de vista de los académicos. Las entrevistas fueron guiadas por la pauta de preguntas presentada en el Anexo A, dejando abierta la posibilidad de realizar nuevas preguntas pertinentes al estudio que pudieran surgir durante la entrevista.

En esta sección se presentan los resultados principales obtenidos de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el diseño de la entrevista.

a) Percepción sobre integrar la innovación y emprendimiento en el DIQBT

La percepción general de los profesores entrevistados sobre el concepto de innovación está asociada a realizar algo novedoso, que tenga características ventajosas frente a lo ya existente. Por otro lado, el concepto de emprendimiento se entiende como el llevar a cabo alguna actividad, lo cual puede referirse a un proyecto o un negocio. Adicionalmente, para uno de los entrevistados la percepción de la innovación y el emprendimiento puede depender de la formación de la persona a quien se le pregunte por estos conceptos, por ejemplo los economistas, los empresarios o los científicos pueden entender distintas cosas.

De acuerdo a esta percepción de innovación y emprendimiento, la mitad de los profesores entrevistados no reconocen una enseñanza formal de estos temas en la Facultad, mientras que la otra mitad la considera débil. De todas formas, se reconoce un incipiente surgimiento de estas temáticas en el contexto del proyecto *Una Nueva Ingeniería para el 2030* (Proyecto 2030), identificando como espacios de interacción al ecosistema OpenBeauchef, al OpenLab y al Fablab. La mitad de los entrevistados considera que es un muy buen proyecto, ya que estos espacios y reformas podrán ayudar, por ejemplo, a fomentar la creatividad de los estudiantes. No obstante, la otra

mitad considera que es un proyecto muy confuso aún, no existiendo certeza de la utilidad de estos espacios.

Dentro de las debilidades identificadas por algunos entrevistados para el Proyecto 2030, se encuentran la rígida y burocrática administración interna de la Universidad. También se menciona que la mentalidad actual de la facultad es muy conservadora, en el sentido de que la cultura institucional no es muy proclive a innovar. Adicionalmente, un entrevistado comenta sobre la posible existencia de un gran sesgo academicista y unidisciplinario (mayormente investigadores) en el diseño de la iniciativa, pues esta ha sido liderada por los propios académicos de la facultad. Este último punto se rescata de la siguiente cita:

“(...) me consta que en otras universidades se ha conjugado un equipo multidisciplinario para pensar el 2030. En cambio, acá en Beauchef uno de los grandes orgullos que tiene Beauchef es que todo el desarrollo del 2030 ha sido hecho por académicos, entonces eso me parecería tener un sesgo muy fuerte en términos de qué realmente se va a lograr con la enseñanza del 2030, porque es como decir, cómo tiene que ser el ingeniero en el 2030, pero desde el punto de vista de un investigador.”

Cada entrevistado identifica maneras distintas, aunque incipientes, en las cuales se vislumbran relaciones entre el Proyecto 2030 y el DIQBT, ya sea ligado a la docencia, a la investigación o a los temas administrativos. Adicionalmente, algunos entrevistados reconocen que el Centro de Biotecnología y Bioingeniería (CeBiB), que mantiene una estrecha cercanía con el Departamento, está interesado en orientarse con las líneas de trabajo del Proyecto 2030.

Consultándoles a los entrevistados sobre la posibilidad de integrar la innovación y emprendimiento como un camino formativo alternativo en el DIQBT, en general, todos los entrevistados están de acuerdo y consideran factible esta posibilidad. Lo que difiere en cada opinión es la percepción del tiempo que demoraría la implementación, pues depende de a qué nivel se realiza. Para algunos podría tomar un semestre, si se realizan modificaciones puntuales a nivel de curso y, para otros, podría tomar varios años si se piensa en modificaciones que requieren cambios en la malla curricular.

A pesar de que se considera factible la propuesta, se percibe que es complejo de realizar, principalmente, porque se necesitaría involucrar gente y poner el tema en discusión. Sin embargo, otro entrevistado propone que se podrían integrar los temas de innovación y emprendimiento como una metodología de aplicación de los contenidos, sin necesidad de reformular en gran medida algunos cursos. En esta línea, en dos ocasiones se menciona la experiencia que ha habido en el curso BT6601- Validación, Legislación y Bioética de sexto año de la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología, donde los estudiantes deben proponer proyectos de innovación. Si bien se está abriendo esta línea de trabajo, han sido hechos puntuales, al parecer experimentales, pues como explicita el nombre del curso, éste está centrado en otros temas y no en innovación y emprendimiento propiamente tal.

Por otro lado, uno de los entrevistados menciona que, incluso, este camino alternativo podría responder a una inquietud social, en el sentido de que se identifican grupos de personas que ya no les satisface ser un empleado en una empresa establecida:

“Me parece identificar que hay un movimiento numeroso o creciente de personas que en términos coloquiales, quieren ser su propio jefe, entonces en ese sentido hay una demanda social, hay una demanda en la sociedad por formación en esa línea. Entonces atendiendo a eso, yo creo que como camino formativo es interesante.”

b) Percepción sobre que los estudiantes realicen proyectos en el DIQBT

Todos están de acuerdo con que los alumnos puedan desarrollar proyectos. Es más, se considera como una gran oportunidad de aprendizaje que existan estas alternativas donde el estudiante puede madurar como persona. Asimismo, un entrevistado destaca el ambiente relativamente protegido que les provee la universidad, donde los estudiantes podrían tratar de innovar y fracasar sin grandes consecuencias.

Consultándoles a los entrevistados sobre qué consideran como un proyecto estudiantil extra-académico exitoso, no se aprecia un consenso claro. Sin embargo, se puede inferir que valoran la experiencia formativa que puedan adquirir los estudiantes en el proceso, independiente de si el proyecto logra ser exitoso o si falla. Aun así, se percibe la sensación de que el levantamiento de fondos sería un buen primer logro para los proyectos.

Respecto a cómo responde el DIQBT ante un estudiante motivado en desarrollar un proyecto extra académico, ninguno de los entrevistados identifica una política u organización formal a nivel departamental que preste apoyo a los estudiantes. Más bien, este apoyo se provee mediante canales informales; como menciona uno de los entrevistados, *“se dejan las puertas abiertas”*. En general, estos canales informales se identifican como algunos profesores quienes reciben a alumnos con ideas de proyectos y evalúan la pertinencia de apoyos que se puedan entregar, pero todo es realizado a nivel individual, sujeto a la disposición y voluntad de cada profesor. Adicionalmente, un entrevistado comenta que este apoyo se puede ver limitado cuando el estudiante llega con una idea que no cabe dentro de ninguna de las líneas de investigación de los profesores del Departamento, pues es más difícil saber cómo evaluar la propuesta, en términos de cómo financiarla o de qué espacios otorgarles.

Sobre cómo se podría incentivar el desarrollo de más proyectos biotecnológicos en el DIQBT, los entrevistados distinguen estrategias de mediano y largo plazo enfocadas a fomentar un ecosistema de participación donde los estudiantes tengan la oportunidad de crear proyectos, y estrategias de corto plazo referidas a reforzar en los estudiantes algunas habilidades como comunicación efectiva, autoconfianza, creatividad o identificación de problemas reales. Esta idea se puede ver representada en la siguiente cita:

“Tampoco existe ninguna oportunidad en la que a los estudiantes se los ponga a buscar problemas existentes, para en una segunda etapa tratar de diseñar soluciones desde un punto de vista biotec o algo por el estilo. No creo que exista ese ambiente, los que llegan a tener proyectos y todo lo demás, son aquellos que por algún motivo les cayó el tejaso, se les iluminó la ampolleta y quisieron seguir una idea y se acabó, pero no hay una instancia formal en que a todos se les dé la oportunidad o se los meta en un ambiente en el que tengan que hacer, y después que escojan si quieren o no quieren [seguir].”

En torno a los elementos que propician el desarrollo de un proyecto estudiantil extra-académico, los profesores entrevistados identifican varios factores:

- Motivación.
- Resiliencia.
- Tener contactos.
- Manejar el conocimiento.
- Habilidades de interacción.
- Habilidades de comunicación.
- Capacidad para organizar sus tiempos.
- Equipo de trabajo con principios similares.
- Compromiso de los estudiantes.
- Tener un grado de madurez superior al promedio.
- Apoyo técnico, logístico y económico.
- Disponibilidad de instalaciones.

De estos elementos presentados, los que resaltan en todos los entrevistados, principalmente son la motivación intrínseca de los estudiantes, la existencia de un equipo de trabajo que comparta principios similares y la disponibilidad de apoyos y recursos. Analizando el resto de los elementos identificados, es interesante apreciar que la mayoría son de una índole esencialmente personal, es decir, dependen en gran medida de las mismas personas o equipos de trabajo, lo que tendría mucho sentido al considerar que los proyectos son extra-académicos, pues surgen como iniciativa propia de los estudiantes donde nadie los obliga a realizarlos.

En general se percibe que algunos de estos elementos propiciadores se pueden encontrar en el DIQBT, como el acceso al conocimiento, ya sea por las clases o por que uno puede consultarle a un profesor o compañero, y el apoyo tanto técnico como de respaldo al poder usar el nombre del Departamento. No obstante, la sensación general es que ninguno de los factores es intencionado explícitamente para propiciar el desarrollo de proyectos, sino que, más bien, gran parte de la tarea recae en el propio alumno, o grupo de alumnos, gracias a sus características y habilidades personales.

Se considera interesante el comentario de un entrevistado, relacionado a que, para él, la mayoría de los estudiantes que ingresan al Departamento lo hacen con un grado de madurez superior al promedio de las otras carreras, reflejado en su inquietud de ir más allá de lo meramente académico y en su capacidad de constantemente pelear contra el *vox-populi* que gira en torno a química y biología. Es decir, se podría considerar que los alumnos que ingresan al DIQBT poseen una gran curiosidad por temas distintos a los entregados en los cursos y una capacidad para perseverar en sus intereses independientemente de lo que opine el resto de las especialidades. Este punto se aprecia en la siguiente cita:

“(...) lo que es química y biotecnología es casi un paria. No está en la línea tipo del beauchefiano que entra a esta escuela, que, o es industrial, o es muy duro en matemática y física, que siempre tiene que estar peleando contra el vox-populi que la química y la biología es fome o es pa’ niñitas o es pa’ todos los peros que tenemos. Entonces, el solo hecho de decidir uno entrar a este Departamento, implica un pequeño grado de madurez diría yo, un leve, un delta de madurez que nos diferencia con la mayoría de Beauchef.”

Por otra parte, sobre las dificultades que enfrentan los estudiantes al momento de desarrollar un proyecto extra-académico, los entrevistados identifican:

- Falta de foco.
- Falta de tiempo.
- Compatibilización de la carga académica.
- No tener la capacidad de buscar ayuda tempranamente.
- No tener acceso a laboratorio y su equipamiento.
- No lograr una dinámica de trabajo en equipo organizada.
- Poca capacidad de organizarse.
- No tener interés más allá de lo académico.
- Poco grado de madurez.
- Desconocimiento de fuentes de recursos.

De estas dificultades, los entrevistados resaltan la falta de tiempo que disponen los estudiantes, de la mano con la dificultad para compatibilizar la carga académica usual del semestre con las actividades extra-académicas de los alumnos. Cabe destacar que esta carga académica no es menor para un estudiante de esta Facultad reconocida por su alta exigencia.

Consultándoles sobre cuáles de estos obstáculos se presentarían en el DIQBT, en general, se asocian a factores externos al estudiante o al equipo de trabajo. Principalmente se destaca la falta de acceso a recursos (económicos) y la falta de acceso a espacios físicos para poder trabajar, que si bien existen en el Departamento, son los profesores quienes tienen acceso preferente a estos recursos.

Para superar la dificultad de compatibilización de tiempos, algunos entrevistados proponen:

- Que las actividades de los estudiantes tengan un peso en la promoción académica, bajo la consideración de que el proyecto cumpla ciertos estándares que deberían evaluarse, ajustándose por ejemplo al perfil de la carrera.
- Que exista un autocontrol riguroso de los mismos profesores para evitar que la carga académica sobrepase la estipulada en los programas respectivos de los cursos.

Respecto a la deficiencia de financiamiento, se sugirió la implementación de un fondo departamental pequeño al que los estudiantes interesados puedan postular. También se considera importante que el DIQBT se informe de cuáles son todas las alternativas de financiamiento que existen en Chile y, entender cómo se postula, para luego poder informarlo a la comunidad, por ejemplo, mediante una página web.

En relación al acceso a laboratorios y equipamiento, un entrevistado sugiere que sería de utilidad fomentar una cultura de colaboración entre investigadores y estudiantes, pensamiento reflejado en la siguiente cita:

“Yo creo que bajo ciertas premisas, reglas, etc., etc., se podría fomentar una cultura de dar acceso a los estudiantes a laboratorios de investigación, por supuesto bajo ciertas reglas, reglas de operación, reglas de acceso, reglas de uso de recursos, hasta podría haber alguien interesado en reglas de cómo se reparten los resultados si fueron exitosos (...)”

En relación a los contenidos que los estudiantes ven a lo largo de la carrera, todos los entrevistados creen que sí los aplican en el DIQBT. No obstante, queda la sensación de que la respuesta de la mitad de los entrevistados tiene un enfoque hacia los egresados, quienes al salir de la universidad sí tendrían que usar parte de sus conocimientos adquiridos, tal como se ejemplifica en la cita:

“Sí, hay muchos trabajando en oficinas de patentes, hay algunos que terminan trabajando en la industria de alimentos, y se ven un poco frustrados, porque la industria en Chile es poco creativa en ciertos aspectos.”

En la otra mitad de los entrevistados, se identifica participación de estudiantes, pero no de todos. Otro entrevistado realiza la salvedad de que la cantidad de conocimiento es mucho mayor a la que realmente pueden poner en práctica los estudiantes.

Preguntándoles en qué casos concretos creen que los alumnos aplican los contenidos, se identifica a OpenBio UChile con su proyecto iGEM del 2015 como uno de los grupos de estudiantes que han sido capaces de aplicar sus conocimientos para realizar sus actividades. También se menciona a Diseño Sustentable con su planta de Biodiesel, pues ambos grupos están trabajando en proyectos ligados a su área formativa, biotecnología y química, respectivamente. Asimismo, se reconoce la existencia de otros proyectos, pero en estudiantes de postgrado. Adicionalmente, uno de los entrevistados comenta que la aplicación de los contenidos depende del tipo de estudiante:

“También por experiencia hay estudiantes a los que les cuesta mucho más llevar a la práctica, llevar un conocimiento teórico, aun cuando sean excelentes en el conocimiento teórico, y eso es una cosa de tiempos personales. Hay gente que durante la carrera, por muy larga que sea, durante la carrera no aprenden, no maduran suficientemente el conocimiento como para llevar a una aplicación práctica. Hay otros a los que no les interesa, en fin.”

c) Percepción sobre los proyectos de biotecnología

Se considera que el sector biotecnológico chileno aún es nuevo en comparación a otras disciplinas, pues solo han pasado 20 años desde que las primeras universidades del país comenzaron a dictar carreras profesionales relacionadas con biotecnología. Uno de los entrevistados agrega que es un área de una amplitud enorme, que requiere de una interdisciplinariedad cuando se piensa en su implementación, que los tiempos de desarrollo son usualmente muy largos (varios años) y que los campos de aplicaciones son altamente regulados.

Consultándoles específicamente sobre los elementos que diferencian a un proyecto de biotecnología de proyectos de otras áreas, no se aprecia un consenso claro. Sumado a las características generales presentadas anteriormente, entre las opiniones recogidas se reconoce una necesaria base científica que permita conocer los sistemas vivos y sus componentes propios, referidos a cinéticas, comportamientos y tipos, para luego pensar en aplicaciones. En la misma línea, otro académico entrevistado comenta que la biología sintética se está volviendo una herramienta central para la biotecnología.

En cuanto a la apreciación general sobre la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología dictada en el DIQBT, en su mayoría, se percibe al egresado como alguien

principalmente orientado a los procesos productivos, que tiene conocimientos de ciencias biológicas para aplicar los organismos en dichos procesos. Algunos agregan que se integra toda la base ingenieril, es decir, los aspectos numéricos y físicos que están implicados en los procesos biológicos. También, se menciona la versatilidad de los ingenieros de la Facultad, en el sentido de que son capaces de trabajar en distintas áreas tales como producción, administración e investigación. No obstante, la mitad de los entrevistados consideran que la formación entregada por el Departamento aún no es completa para cumplir con la apreciación dada, argumentando que existen ineficiencias típicas de todo sistema relacionadas a que se entregan muchos contenidos que eventualmente nunca se aplican, así como también, que las habilidades entregadas no se alcanzan a entrenar completamente.

Adicionalmente, es interesante destacar que la apreciación general que tienen los entrevistados sobre la carrera coincide en gran parte con lo medular del perfil de egreso vigente hasta la fecha. Sin embargo, el perfil expresa otras competencias que ninguno de los profesores comentó, como por ejemplo:

“Competencias para desarrollar innovación en el área biotecnológica, ya que se trata de una ingeniería joven que recién comienza a reconfigurar la sociedad.”

Respecto al rol que deberían tener los egresados de la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología, el énfasis está puesto principalmente en que sean personas capaces de ampliar la industria biotecnológica de Chile, en el sentido de crear nuevas organizaciones que puedan ayudar a la solución de los problemas del país, es decir, que posean un rol de emprendedor. Tal como ocurrió hace unas 3 décadas con la industria de ingeniería química, de acuerdo a uno de los entrevistados. Esta visión se ilustra en la siguiente cita:

“[La innovación y emprendimiento] Mucho más importante que en ingeniería química, es en biotecnología, porque en biotecnología hay que generar nuevas empresas que se dediquen como consultores, por ejemplo, a estudiar el problema de los salmones, de las enfermedades, de los virus, problemas de la marea roja, la lixiviación bacteriana en el cobre, o sea hay una gran cantidad de cosas que se pueden, y eso debería ser lo que debería suceder en los próximos 5 años.”

Adicionalmente, uno de los entrevistados menciona que un rol extra de los ingenieros civiles en biotecnología, que se puede sumar al rol de emprendedor, sería un rol de sostenedor, entendido como aquellas personas que salen de la carrera a trabajar a alguna organización ya consolidada para aportar a su crecimiento y estabilidad en el tiempo.

d) Percepción sobre el uso de una guía orientativa para el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes

En general, se percibe que la guía sería de gran utilidad pues daría una idea de cómo se desarrolla un proyecto. Incluso, uno de los entrevistados menciona que la guía podría funcionar como puntapié inicial para incentivar la motivación, la falta de interés y la falta de confianza.

Por otro lado, un entrevistado menciona que no está seguro de si los alumnos la usarían, pues menciona que no sabe si a la gente le gustan las guías. Frente a esta

incerteza, comenta que habría que preguntarle a ellos mismos si estarían dispuestos e interesados a usarla. Otro entrevistado comenta que la guía le parecería un poco sesgada si es que se considera sólo la temática de biotecnología, pero que de todas formas sería de utilidad para los estudiantes, como se aprecia en la siguiente cita:

“Que parta de la biotecnología, me parece natural, porque siendo una de las carreras más jóvenes de toda la escuela, tiene preguntas que otras especialidades ni siquiera se hacen, porque al ser ya ingenierías muy tradicionales, tiene un mercado y un campo laboral muy establecido. La ingeniería en biotecnología todavía está tratando de encontrarlo y definirlo, si es que existe. Entonces, la inmediatez o la necesidad que tiene la ingeniería en biotecnología, obviamente es mucho mayor, pero no por eso la hace exclusiva de la ingeniería en biotecnología.”

En cuanto a los elementos claves que debería incluir dicha guía orientativa, se reconoce importante que ayude a identificar y resolver problemas. En este contexto, uno de los profesores entrevistados menciona que estos problemas y, sus propuestas de solución, deberían centrarse en Chile, es decir, catastrando problemas nacionales que puedan ser usados aplicando biotecnología y aprovechando las características particulares que tiene el país, como el desierto más árido del mundo en el norte, los hielos en el sur, los volcanes, entre otras. [AP19]

Asimismo, otro de los entrevistados enfatiza que se debería apoyar el aspecto técnico, el aspecto comercial (cómo modelar un negocio) y comunicacional, la búsqueda de financiamiento e incluso que la guía incorpore una especie de ayuda psicológica que evite la pérdida de confianza del estudiante al momento de fallar, ilustrado en la cita:

“(…) acuérdate que una de las cosas que según yo falta es confianza, cuando uno no tiene confianza y no sabe cómo seguir adelante, la primera cosa mala que te pasa y uno se envuelve en el caparazón y dice no salgo más y no sigo más por este camino y listo, se acabó. Lo que se necesita es algo como que te levante y te diga, oye no, si te caíste, ven levántate, te secan las lágrimas y ya siga jugando.”

Adicionalmente, se destaca la importancia de mostrar ejemplos de cosas que ya se han hecho y que hayan resultado, pues como menciona uno de los entrevistados "el mejor llamado a actuar es la demostración de casos exitosos".

5.1.2 Resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes del DIQBT

En esta sección se presentan los resultados principales de la encuesta realizada a los estudiantes del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) durante mayo del 2016 con la finalidad de conocer los tipos de proyectos que realizan los estudiantes, sus motivaciones y su experiencia en la realización de los proyectos, para examinar la situación actual en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles en el DIQBT desde el punto de vista de los estudiantes.

La encuesta fue difundida vía web para ser auto aplicada de manera voluntaria por los estudiantes del Departamento, obteniéndose una muestra de 73 estudiantes de pregrado, representando un 39,7% del universo total de estudiantes oficialmente registrados al 2016 de acuerdo a la Jefatura Docente del DIQBT. La encuesta consistió en un conjunto de preguntas que puede consultarse en el Anexo B.

En esta sección se presentan los resultados principales obtenidos de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el diseño de la encuesta.

a) Composición de la muestra

El promedio de edad de los estudiantes que respondieron la encuesta es aproximadamente de 23 años, concentrándose el 74% de los alumnos entre los 21 y 24 años (Ver detalles en el Anexo C). En cuanto a la distribución por sexo, la Figura 16 presenta que el 39,7% de la muestra corresponde a mujeres, mientras que el 60,3% corresponde a hombres.

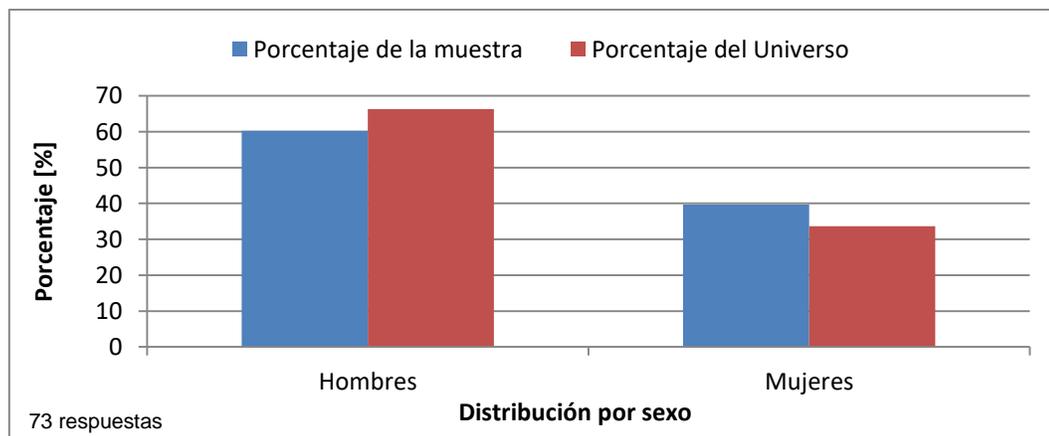


Figura 16: Porcentaje de estudiantes de la muestra por sexo. Se muestra el porcentaje del universo como referencia.

En relación a la distribución por especialidad (ver Figura 17), el 17,8% de la muestra de estudiantes cursa únicamente la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología, el 57,5% cursa únicamente la carrera de Ingeniería civil en Química, el 23,3% cursa ambas carreras y un 1,4% de los que respondieron la encuesta corresponde a estudiantes de postgrado (para efectos del estudio no se considera esta fracción). Considerando el año de ingreso de los estudiantes que respondieron la encuesta, se tiene la distribución presentada en la Figura 18.

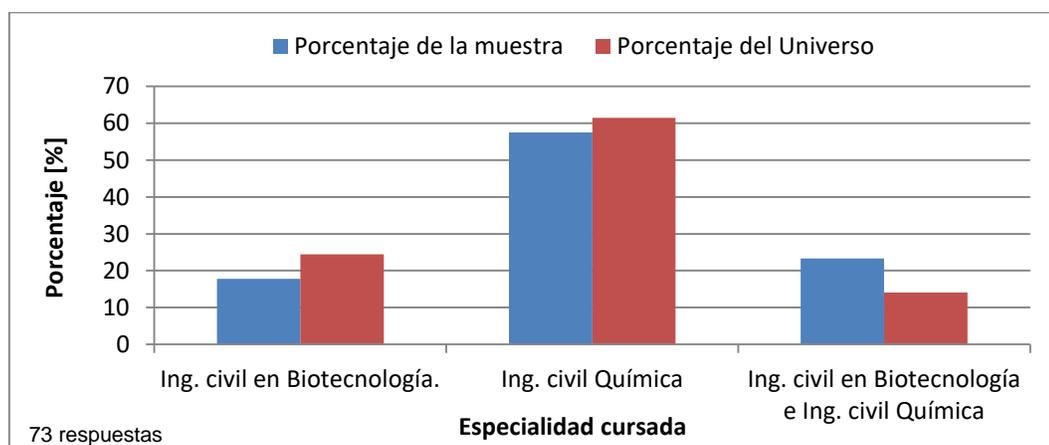


Figura 17: Distribución de los estudiantes respecto de la especialidad. Se muestra el porcentaje del universo como referencia.

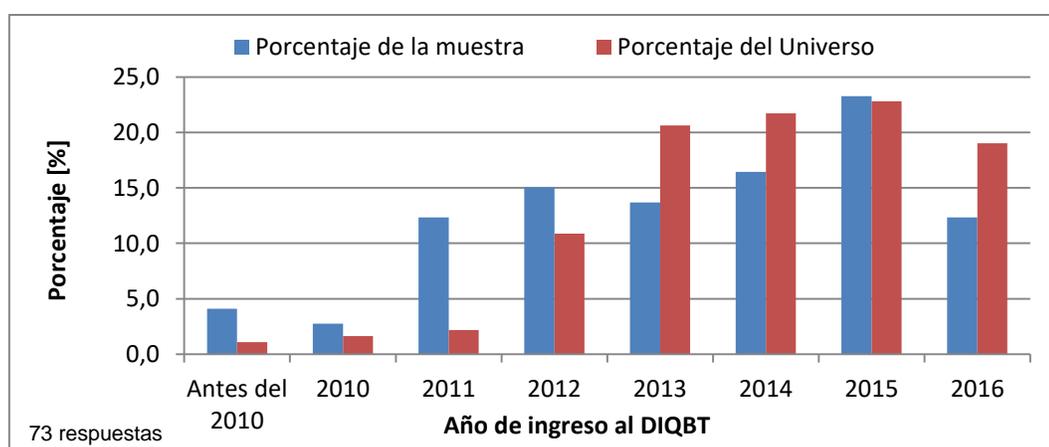


Figura 18: Distribución de los estudiantes respecto del año de ingreso al DIQBT. Se muestra el porcentaje del universo como referencia.

b) Tipos de proyectos estudiantiles desarrollados

Para los siguientes resultados se consideró la siguiente definición:

“Un proyecto es el conjunto de actividades que desarrolla una persona o un grupo de personas para alcanzar un determinado objetivo. Dicho proyecto se considera extra-académico cuando se desarrolla fuera del horario de clases, es decir, cuando no está enmarcado en los cursos formales de los programas de estudio.”

Con base en esta definición, un 61,6% de los estudiantes encuestados declaran participar o haber participado en al menos un proyecto extra-académico siendo estudiante de la Facultad, mientras que un 38,4% no ha tenido participación. A partir del desglose presentado en la Tabla 7, se estima que la cantidad de interacciones⁵ en proyectos extra-académicos asciende a un total de 103.

⁵ Corresponde a interacciones estudiante-proyecto. No da cuenta de la cantidad total de proyectos, porque existe la posibilidad de que varios alumnos participen en el mismo proyecto, es decir, un proyecto puede generar varias interacciones estudiante-proyecto.

Tabla 7: Número de proyectos extra-académicos en los que los estudiantes han participado siendo alumno de la FCFM. *Interacciones estimadas inferiormente para 5 proyectos.

N° de proyectos	Número de Estudiantes	N° de Interacciones
0	28 (38,4%)	0
1	17 (23,3%)	17
2	16 (21,9%)	32
3	2 (2,7%)	6
4	2 (2,7%)	8
5 o más	8 (11%)	40*
TOTAL	73 (100%)	103

De los 45 estudiantes que sí han tenido participación en algún proyecto, un 46,7% corresponde a mujeres y un 53,3% a hombres. Por otro lado, en relación a la especialidad cursada, el 20% cursa Ing. civil en Biotecnología, el 57,8% cursa Ing. civil en Química y el 22,2% restante cursa ambas especialidades.

A la misma fracción de estudiantes, se les consultó la cantidad de semestres en las que ha tenido participación en al menos un proyecto extra-académico. Además, se estimó el número de semestres totales cursados por el estudiante al momento de responder la encuesta. Con esta información, se calculó un Índice de Participación para cada estudiante que, en promedio, alcanza el 32% (aprox. 1 proyecto extra-académico cada 3 semestres). Dicho índice representa el grado (eficiencia) de participación promedio de los estudiantes del DIQBT, pues está basado en el número de semestres con participación en algún proyecto sobre el número de semestres totales cursados por el estudiante (Desglose en el Anexo C).

En relación a las temáticas preferidas por los estudiantes al momento de participar en algún proyecto extra-académico (Ver Figura 19), principalmente se abarcan los temas docentes. Por otro lado, se identifica un gran número de otras temáticas que se pueden englobar en 5 grandes temas extras: social (10 veces), vinculación con el medio (4 veces), artístico-recreativo (3 veces), inclusión (2 veces), emprendimiento (1 vez).

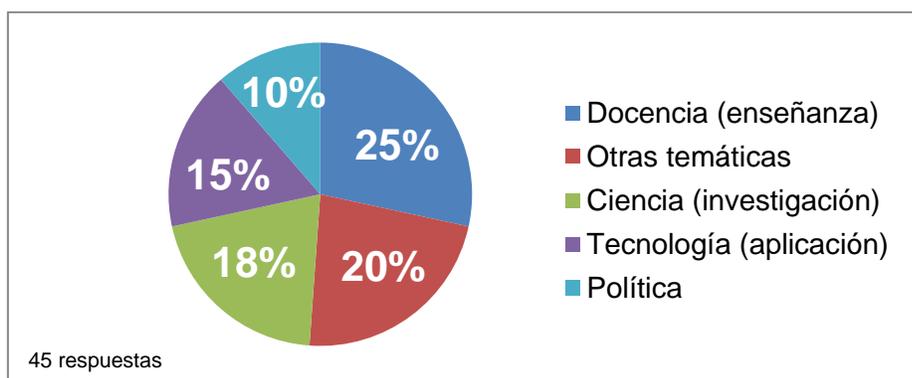


Figura 19: Temáticas abarcadas por los proyectos extra-académicos de los estudiantes.

Cabe destacar que los porcentajes presentados no dan real cuenta del número de proyectos de esa temática, pues por ejemplo, el estudiante al mencionar “Docencia” quizás puede haberse estado refiriendo a más de un proyecto de docencia en los cuales participa.

Profundizando en las temáticas de los proyectos extra-académicos, se recoge que 29 de los 45 estudiantes han abarcado los temas de ciencia y/o tecnología (generando 39 interacciones). Por otro lado, 10 de los 45 estudiantes reconocen haber incluido aproximaciones biotecnológicas en la concepción y/o diseño de los proyectos extra-académicos en que ha participado (generando 12 interacciones).

c) Motivación de los estudiantes para desarrollar proyectos

De una lista de posibilidades, a los estudiantes que han participado en proyectos se les consultó sobre cuáles son sus motivaciones principales que los insta a participar en proyectos extra-académicos (ver Figura 20). De los resultados, se obtiene que al 82,2% de estos estudiantes los motiva el “Gusto por aprender” y, en segundo lugar, “Ganar experiencia para mi currículum”. Por otro lado, se destaca que casi la totalidad de los estudiantes no considera “Rentabilizar mi trabajo” como motivación prioritaria para participar.



Figura 20: Motivaciones de los estudiantes para participar en proyectos extra-académicos.

Dentro de la categoría “Otras” se aprecia una cantidad considerable de motivaciones extras distintas a las entregadas en las alternativas, las que se pueden agrupar en 5 temas principales: aportar a la sociedad (6 veces), sentirse útil para otros (4 veces), gusto por hacer lo que le gusta (3 veces), desarrollo profesional y personal (3 veces) y mejorar la calidad de ingenieros egresados (2 veces).

En cuanto a la percepción del propio estudiante sobre su nivel de participación en proyectos extra-académicos, un 42,2% cree tener una baja participación, un 35,6% una participación media y un 22,2% considera tener una participación alta. En la Tabla 8 se comparan estos valores con el Índice de Participación promedio de cada grupo, desprendiéndose que una alta participación correspondería a participar en al menos 1 proyecto extra-académico cada 2 semestres.

Tabla 8: Percepción de los estudiantes sobre el nivel de participación en proyectos extra-académicos.

Nivel de participación	N° de estudiantes	Índice de Participación promedio
Alto	10 (22,2%)	54%
Medio	16 (35,6%)	40%
Bajo	19 (42,2%)	25%

El principal argumento considerado por la fracción de estudiantes que considera tener una baja participación es “Me gustaría participar en más, pero me falta tiempo”, seguido de “Me falta motivación”. El resto de los argumentos se presenta en la Figura 21. En “Otros” se encuentra: no son temas de mi interés y mucha carga académica, ambos mencionados una vez.

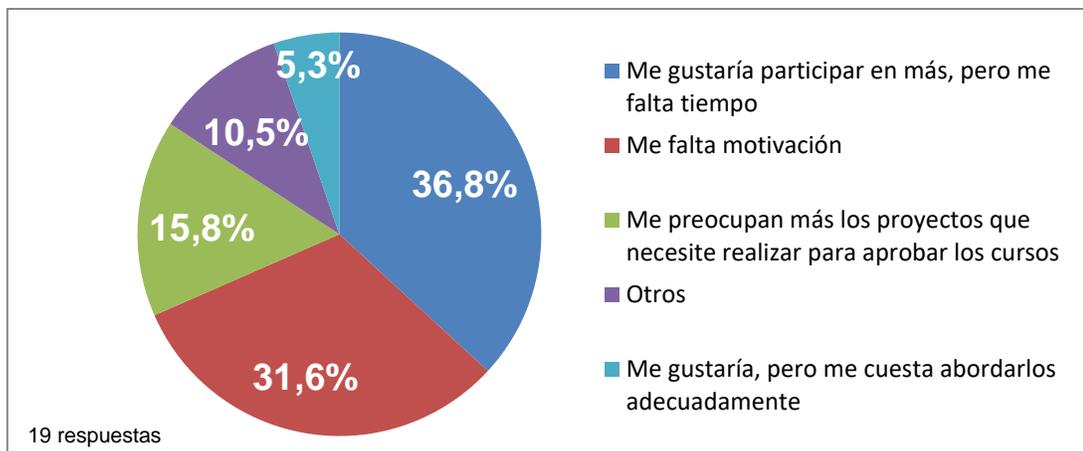


Figura 21: Motivos de los estudiantes que consideran tener un bajo nivel de participación en proyectos extra-académicos.

Respecto de los motivos entregados para no incluir aproximaciones biotecnológicas en los proyectos extra-académicos, se destaca que un 62,9% corresponde a "Me interesan otras áreas" (Ver Figura 22). De esta fracción, casi su totalidad corresponde a estudiantes de la carrera de Ingeniería civil Química.

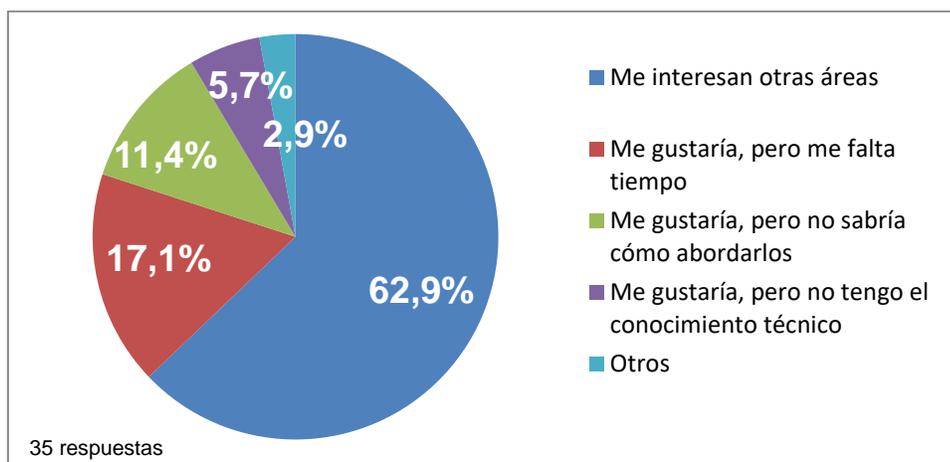


Figura 22: Razones de los estudiantes para no incluir aproximaciones biotecnológicas en los proyectos extra-académicos.

Por otra parte, entre los argumentos entregados por el porcentaje de estudiantes que nunca ha participado en un proyecto extra-académico, principalmente se encuentran “Me gustaría, pero me falta tiempo” y “Prefiero usar mi tiempo libre en otras actividades”. Es relevante destacar que ningún estudiante considera que participar en proyectos extra-académicos no aporta a la formación (Ver Figura 23).

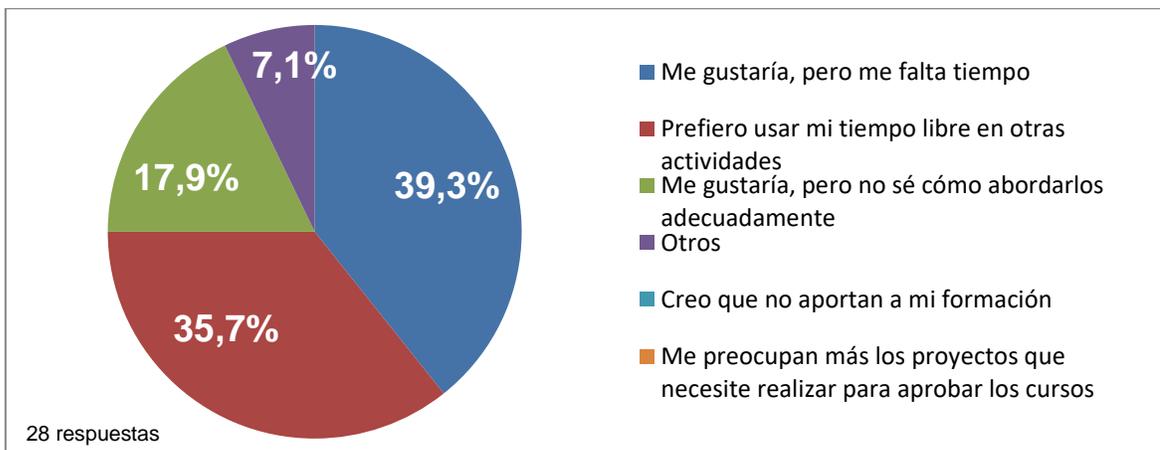


Figura 23: Motivos de los estudiantes para no participar en proyectos extra-académicos.

d) Experiencia de los estudiantes que han participado en proyectos con aproximaciones biotecnológicas

Esta sección considera al grupo de 10 estudiantes que reconocen haber incluido aproximaciones biotecnológicas en la concepción y/o diseño de los proyectos en que ha participado. De este grupo, 7 estudiantes son hombres y 3 son mujeres. Además, de acuerdo a la especialidad cursada se dividen en 4 cursando Ingeniería civil Química, 4 cursando Ingeniería civil en Biotecnología y 2 cursando ambas especialidades. El Índice de Participación de este grupo alcanza el 44%.

A este grupo de estudiantes se les consultó sobre la etapa que ha alcanzado aquel proyecto que ha logrado el mayor nivel de desarrollo, obteniéndose que el 40% ha participado en proyectos que han logrado la etapa de operación.

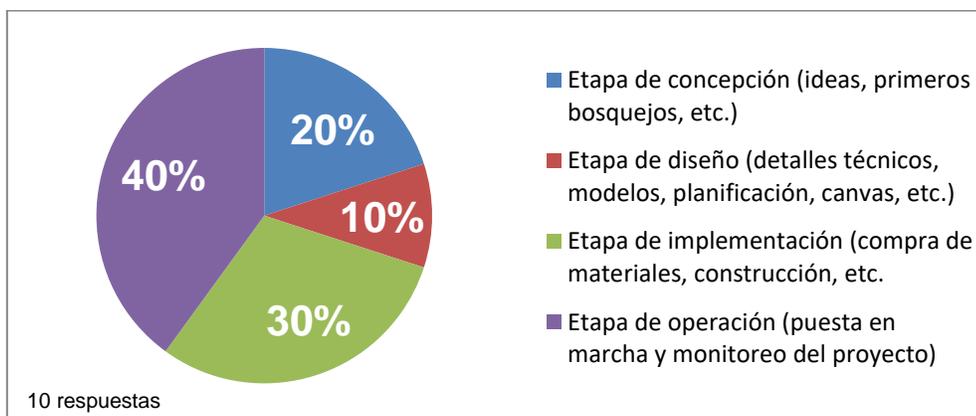


Figura 24: Etapa alcanzada por aquel proyecto del estudiante que ha logrado el mayor nivel de desarrollo.

Los proyectos identificados por los estudiantes en la pregunta anterior se detallan en la Tabla 9, presentando el año de ingreso del estudiante al DIQBT, el nivel y tiempo de desarrollo percibido por el estudiante que participó de dicho proyecto, junto al número de especialidades reconocidas en la participación del proyecto.

Tabla 9: Proyectos reconocidos por los estudiantes a mayo del 2016. Ordenados por nivel de desarrollo alcanzado.

N°	Proyecto	Nivel de desarrollo	Tiempo de desarrollo	N° de especialidades involucradas
1	Análisis de los programas de estudio de la malla de ing. civil en biotecnología para el diseño de mejoras de implementación de los cursos en el corto plazo.	Operación	Más de un año	2
2	Implementación de cambios y soluciones parches en los ramos de la especialidad.	Operación	Un semestre o menos	1
3	No descrito.	Operación	Dos semestres o menos	1
4	No descrito.	Operación	Más de un año	3
5	Proyecto iGEM 2015.	Implementación	Más de un año	7
6	Funcionalización de una proteína para aplicaciones biomédicas.	Implementación	Más de un año	3
7	Construcción de equipos biotecnológicos.	Implementación	Un semestre o menos	3
8	Proyecto PLA	Diseño	Más de un año	5
9	Producción de un plástico biodegradable mediante la modificación genética de bacterias.	Concepción	Más de un año	4
10	No descrito.	Concepción	Un semestre o menos	3

En la tabla anterior se aprecia que el 60% de los proyectos ha necesitado una duración de más de un año para alcanzar el nivel de desarrollo registrado. Por otro lado, un 30% ha necesitado una duración de un semestre o menos y un 10% una duración de dos semestres o menos para alcanzar el nivel de desarrollo registrado. No obstante, al cruzar esta información con el nivel de desarrollo logrado por los proyectos, no se aprecia una correlación evidente entre estas dos variables (tiempo y nivel de desarrollo)

En la misma tabla se aprecia que la mayoría de los proyectos son desarrollados de manera multidisciplinaria al incorporar especialidades distintas a la de Ingeniería civil en Biotecnología. Entre ellas se encuentran las especialidades de Ingeniería civil: Industrial, Química, Computación, Eléctrica y Civil. También se reconocen las carreras de Diseño Industrial, Ingeniería en Biotecnología Molecular, Física, Ciencias de los Materiales, Geología, así como también estudiantes de postgrado (magister y doctorado) y algunos egresados de Ingeniería civil Química y en Biotecnología.

Considerando la experiencia del estudiante en torno al proyecto comentado en la Tabla 9, se le pidió graduar, en escala de Likert, si los siguientes aspectos han sido de utilidad para el desarrollo del proyecto mencionado (resultados completos en el Anexo C):

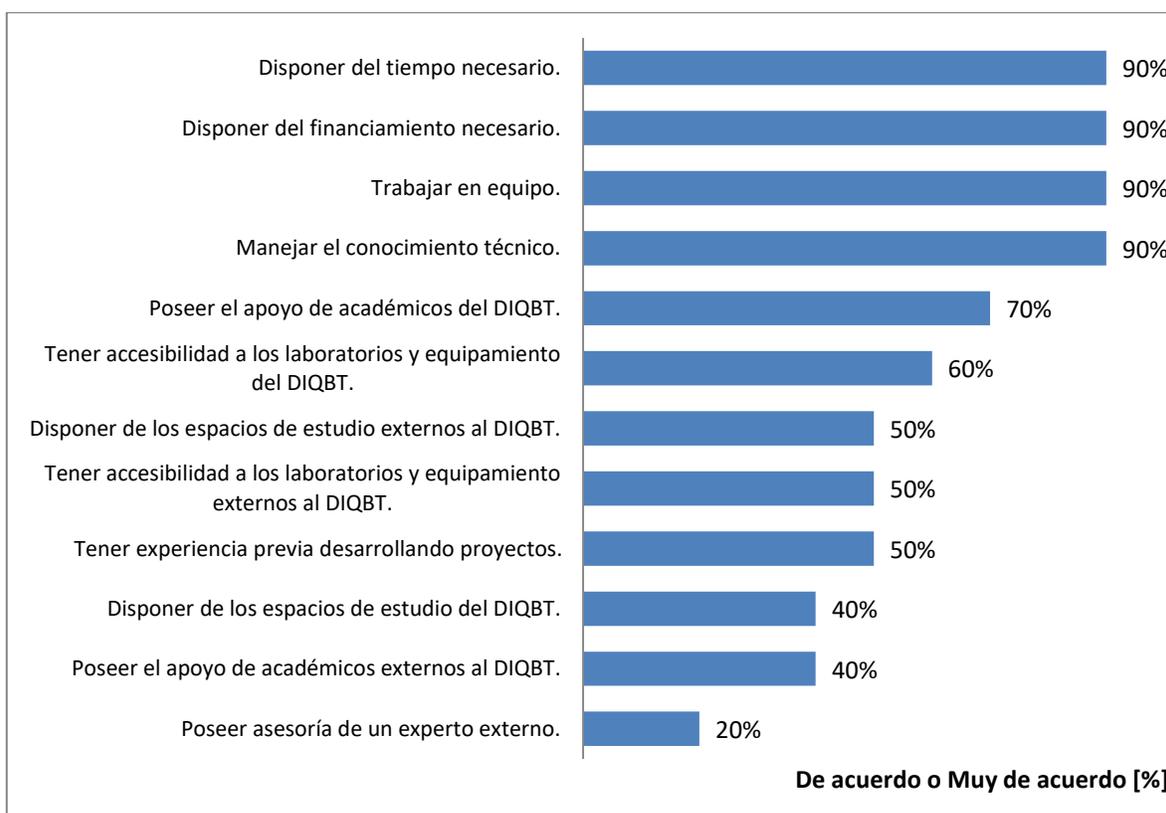


Figura 25: Fracción de los estudiantes que está de acuerdo o muy de acuerdo con que los aspectos presentados han sido de utilidad para el desarrollo de sus proyecto.

De la figura anterior, se obtiene que los aspectos más útiles para los estudiantes han sido, “Disponer del tiempo necesario”, “Disponer del Financiamiento necesario”, “Trabajar en equipo” y “Manejar el conocimiento técnico”.

Por otro lado, es interesante destacar que para el 50% de los estudiantes que respondieron la encuesta no aplican los aspectos “Poseer el apoyo de académicos externos al DIQBT” y “Poseer asesoría de un experto externo”.

De la misma manera, considerando la experiencia del estudiante en torno al proyecto comentado en la Tabla 9, se le pidió graduar, en escala de Likert, si los siguientes aspectos han sido un obstáculo para el desarrollo del proyecto (resultados completos en el Anexo C):

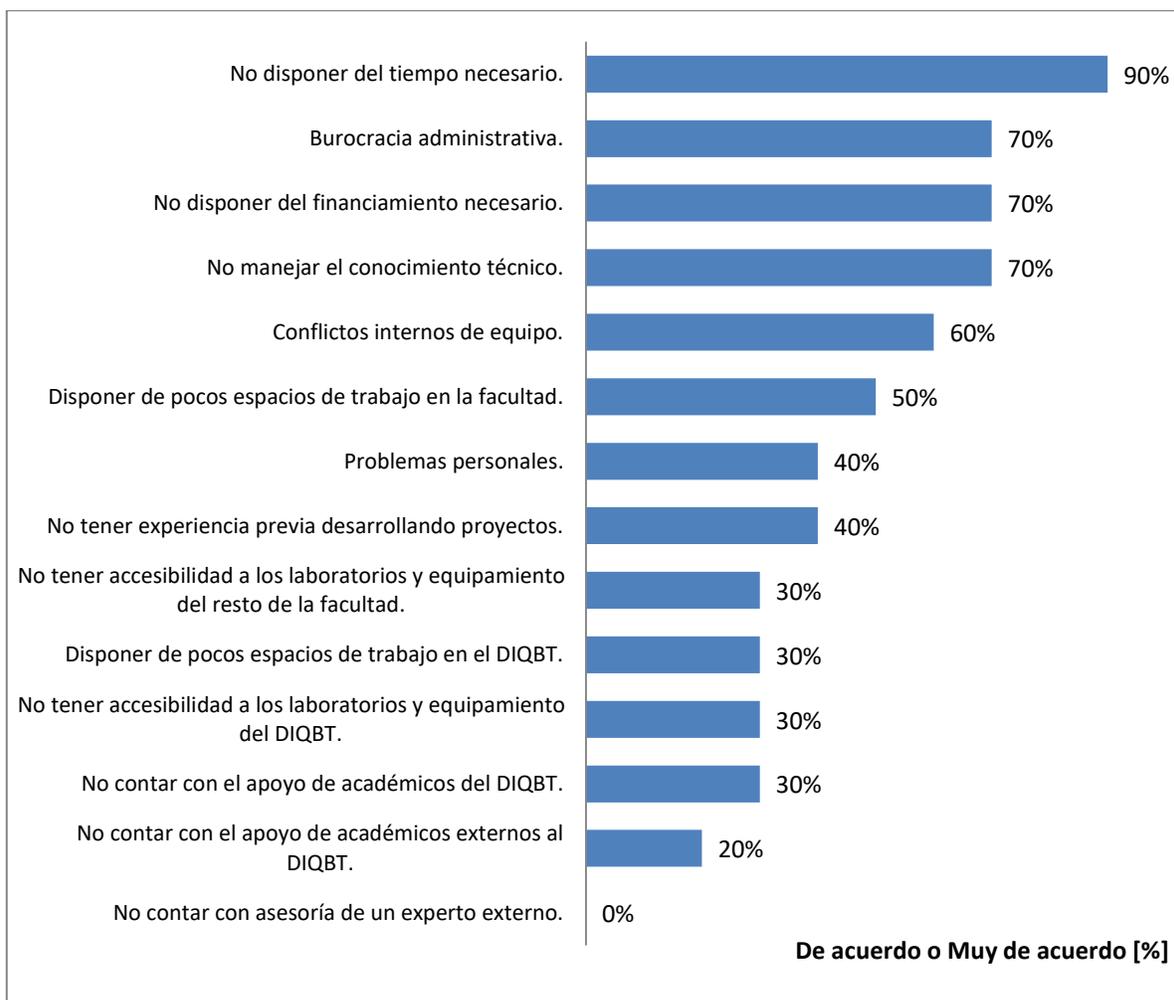


Figura 26: Fracción de los estudiantes que está de acuerdo o muy de acuerdo con que los aspectos presentados han sido un obstáculo para el desarrollo de sus proyecto.

De la figura anterior, se obtiene que el principal obstáculo que han enfrentado los estudiantes para el desarrollo de sus proyectos es “No disponer del tiempo necesario”. Por otro lado, nuevamente es interesante destacar que para el 50% de los estudiantes que respondieron la encuesta no aplica el aspecto “Poseer el apoyo de académicos externos al DIQBT” y para el 60% no aplica “Poseer asesoría de un experto externo”.

e) Interés en usar una guía orientativa para el desarrollo de proyectos

De los 45 estudiantes que declaran participar o haber participado en al menos un proyecto extra-académico siendo estudiante de la Facultad, el 22,2% (10 estudiantes) reconoció haber incluido aproximaciones biotecnológicas en la concepción y/o diseño de los proyectos que ha participado, mientras que el 77,8% (35 estudiantes) restante no han incluido aproximaciones biotecnológicas.

A este 22,2% se les consultó: “*En el marco de la FCFM, si existiera una guía explicativa que orientara sobre cómo llevar a cabo un proyecto basado en componentes biotecnológicos, ¿La utilizarías mientras eres estudiante para desarrollar un proyecto*”

extraacadémico?", obteniéndose que 4 estudiantes sí la usarían, mientras que los otros 6 mencionaron que tal vez la usarían.

Por otra parte, del 77,8%, existen 4 estudiantes que mencionaron que les gustaría participar en proyectos que incluyan aproximaciones biotecnológicas, pero que no sabrían cómo abordarlos. A este grupo se les realizó la misma consulta anterior, obteniéndose que los 4 estudiantes sí usarían dicha guía explicativa. Cabe destacar que la pregunta la respondieron otros 5 estudiantes que habían declarado interesarse por otras áreas, obteniéndose que 3 estudiantes tal vez la usarían, 1 estudiante sí la usaría y 1 estudiante no la usaría. También sí la usaría un estudiante que declaró interesarse por proyectos de biotecnología, pero que no posee el tiempo suficiente.

En resumen, 10 estudiantes sí usarían una guía explicativa que oriente sobre cómo llevar a cabo un proyecto basado en componentes biotecnológicos, mientras que 9 estudiantes tal vez la usarían y uno solo no la usaría.

5.1.3 Resultados de la entrevistas a expertos externos al DIQBT

Durante el mes de julio del 2016 se realizaron 3 entrevistas semiestructuradas a personas externas al Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) que poseen experiencia en el desarrollo de proyectos ligados a biotecnología; en dos casos ligados a la industria y un caso ligado a la investigación:

- Emilia Díaz – CEO (*Chief Executive Officer*) de la empresa Kaitek Labs.
- Francisco Arriaza – CBDO (*Chief Business Development Officer*) de la empresa R2B Catalyst.
- Fernan Federici - Profesor Asistente Universidad Católica, especializado en biología sintética.

Estas entrevistas tuvieron por finalidad principal conocer su experiencia en torno al desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile y al uso de la biología sintética. Las entrevistas fueron guiadas por la pauta de preguntas presentadas en el Anexo D, dejando abierta la posibilidad a realizar nuevas preguntas de interés para el estudio.

En esta sección se presentan los resultados principales de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el diseño de la entrevista.

a) Percepción de los expertos sobre el desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile

En general, la mayoría de los entrevistados considera que la industria biotecnológica chilena aún es pequeña. Se identifica una generación previa de empresas consolidadas, pero también se reconoce un crecimiento de emprendimientos en biotecnología.

Los entrevistados consideran importante incorporar las nociones de innovación y emprendimiento en biotecnología, pues permite favorecer la llegada de soluciones científicas al mercado. De manera general, los entrevistados entienden la innovación como la creación de algo nuevo. Por otra parte, el emprendimiento se considera como un proceso para realizar algo. Desde la perspectiva industrial, es un proceso que permite llevar una idea al mercado, por ejemplo, con el propósito de armar un negocio. Uno de los entrevistados destaca la característica *bottom-up* del emprendimiento, donde se permite que cualquier persona pueda poner en marcha sus ideas desde etapas iniciales.

Consultándoles sobre los aspectos característicos de los proyectos de biotecnología, se comenta que los tiempos de desarrollo y ejecución son muy largos en comparación a proyectos de otras áreas como la computación y, que existen altas barreras de acceso a implementos, equipamiento, reactivos e infraestructura para este tipo de proyectos, lo que se traduce en altos costos de desarrollo. También se hace mención a la importancia del capital humano especializado, pues es complejo trabajar en biología. Este último punto principalmente se asocia al comportamiento intrínseco de los organismos, como queda manifestado en la siguiente cita:

"(...) lidiar con un material que crece, evoluciona, muta, vive, me infecta, se vuelve loco, se muere, se reproduce (...)"

b) Experiencia personal de los expertos desarrollando su proyecto

Ambos proyectos en el cual participan los dos entrevistados ligados a la industria, tuvieron un origen académico entre el 2011 y 2012. Por un lado, impulsado por un curso de biología sintética y, por otro lado, derivado de las tesis de los fundadores. Luego ambos proyectos salieron al entorno extra-académico a participar en concursos y a postular a fondos de financiamiento de CORFO, con los que han estado trabajando en el desarrollo de prototipos de sus tecnologías. Consultándole a un entrevistado por qué decidieron desligarse del entorno académico, se obtuvo el siguiente comentario:

“La universidad en general, o te pide mucha patente, o mucha propiedad y, aun así, no te pasaba por ejemplo un laboratorio, entonces el trade off no era bueno.”

En torno a los elementos positivos que han beneficiado el desarrollo de sus proyectos se encuentran el contar con un sistema de apoyo económico, ya sea con un apoyo directo de fondos como CORFO, o compartiendo recursos con otros proyectos para reducir los costos, por ejemplo, compartiendo instalaciones y equipamientos de un laboratorio, pues tener un laboratorio individual es más costoso. Otros elementos destacables son la percepción de un cambio cultural en Chile, que permite que actualmente se valoren los emprendimientos. También se comenta como elemento positivo la incorporación de sistemas colaborativos que faciliten el traspaso de la información para poder trabajar en equipos multidisciplinarios.

Por el otro lado, entre las dificultades identificadas se encuentran la falta de capital disponible, pues para un proyecto biotecnológico se requieren altos montos. Si bien CORFO es un apoyo, aún es insuficiente, punto que queda reflejado en la siguiente cita:

“(…) el área de emprendimiento de CORFO financia montos súper bajos, que son máximo, capitales semillas de 25 millones de pesos, que para un proyecto biotecnológico no sirve de nada.”

También se menciona como dificultad los extensos tiempos de desarrollo de éstos proyectos que impiden obtener resultados rápidamente. Otra de las dificultades enfrentadas fueron no contar con un laboratorio donde poder llevar a cabo los experimentos necesarios, lograr que realmente funcione la teoría aplicada a la práctica y comunicar el desarrollo del proyecto, sobre todo ante los financiadores.

c) Percepción de los expertos sobre la aplicación de la biología sintética en proyectos de biotecnología

Si se habla de una industria de la biología sintética, los entrevistados consideran que ésta aún no se ha formado en Chile, a pesar de que se identifican algunos exponentes como Kaitek Labs, empresa que está desarrollando biosensores de marea roja, y Novalact, que entrega soluciones probióticas para la producción de leches cultivadas, yogures y quesos. Incluso a nivel mundial creen que no está tan desarrollada, en el sentido específico de aprovechar el verdadero potencial que entrega la biología sintética para el diseño de organismos con nuevas funcionalidades.

Es interesante destacar que uno de los entrevistados considera que el modelo abierto y colaborativo, en el que se basa la biología sintética, puede favorecer la industria, pues

este tipo de modelo permite que todos puedan acceder a las tecnologías fundacionales (básicas) para generar aportes novedosos que puedan mantener a la innovación en constante dinamismo.

Consultándoles sobre las ventajas de utilizar la biología sintética, los entrevistados concuerdan que están en el potencial que presentan sus herramientas para hacer cosas nuevas, ya sea productos o procesos, pues tiene un importante foco en el diseño (ingenieril) que permite ver a la biología como una tecnología programable. Este punto se ilustra en la siguiente cita:

"(...) cuando digo programación de un sustrato biológico digo generar biocomputadores o células capaces de procesar información, [es decir], instruir a la célula para fabricar cosas como nuevos materiales, nuevos órganos, etc, que ya va a empezar a suceder."

Este enfoque ingenieril, que se basa en los principios de estandarización, modularidad y abstracción, les permite a los investigadores y biotecnólogos diseñar y modelar las combinaciones de genes y experimentos que requieren los proyectos. Con esto se busca predecir los posibles comportamientos del sistema biológico, lo que eventualmente se traduce en menores tiempos y costos de experimentación, pudiendo acelerar la validación técnica del proyecto. Adicionalmente, uno de los entrevistados menciona que esta característica, permite ver los proyectos de manera integral, más allá de lo netamente técnico, donde también hay implicancias comerciales, sociales y medioambientales, como por ejemplo, usar la biología sintética para fabricar marfil o cuero en microorganismos, lo que puede evitar que animales sean cazados por estos valiosos elementos.

Por otra parte, desde un punto de vista práctico, principalmente se identifica como desventaja de la biología sintética que es un tema aún nuevo. En Chile existe una baja masa crítica de personas y una baja documentación de experiencias, por lo que no hay muchas personas a las que se pueda acudir por ayuda o asesoría cuando las técnicas no funcionan muy bien. De esta manera, uno de los entrevistados recomienda utilizar la biología sintética para aprovechar su enfoque ingenieril, pero con precaución, pues es posible que algunos proyectos no requieran necesariamente de las técnicas de biología sintética y podrían complejizarse excesiva e innecesariamente. Asimismo, otro de los entrevistados menciona que la biología sintética, al ser una herramienta, puede generar impactos negativos si se le da un mal uso.

Cabe destacar que uno de los entrevistados menciona que su experiencia con la biología sintética ha sido muy buena en el marco de la investigación donde alumnos han hecho uso de esta tecnología, pues el proceso les ha permitido aprender un montón de herramientas que después pueden ser aplicadas para otros desarrollos.

d) Percepción de los expertos sobre el uso de una guía orientativa para el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes

Todos concuerdan en que la existencia de una guía orientativa sería de mucha utilidad en estudiantes, pues son parte de las generaciones con una nueva mentalidad de cambios. Así, se considera bueno incentivar el emprendimiento en los estudiantes para que desde la universidad vayan saliendo con proyectos.

En general, los entrevistados no identifican la existencia de una guía similar a la presentada. Sin embargo, sí se reconocen ciertos elementos básicos como un canvas de biotecnología usado en el concurso Brain, y un esquema de CORFO. Este último lo adaptaron en la empresa R2B Catalyst para crear su propia línea de tiempo con los pasos de desarrollo de un proyecto que puede consultarse en el Anexo E. Sin embargo, es más genérico para proyectos de índole científica tecnológica y no solo biotecnología. Aún sí, en este último caso se reconoce una gran similitud con la guía presentada.

Respecto de la secuencia de pasos de la guía propuesta, ésta fue bien recibida en general. A continuación se presentan los comentarios principales realizados por los entrevistados para la secuencia de etapas de guía preliminar presentada en la Figura 15 de la sección 4.2.

El inicio: no hay mayores comentarios al respecto. Como hito de éxito para esta etapa se menciona principalmente que exista alguna persona motivada que inicie la búsqueda de la idea y la formación de un equipo.

Buscar la idea: respecto a esta etapa se sugiere dejar más clara la división de los pasos “Buscar la idea” y “Buscar el equipo”, o simplemente englobarlos en una sola etapa más grande. Como metodología para esta etapa, se sugiere incluir el proceso de *design thinking*, para facilitar la identificación de un problema antes de dedicarse a diseñar la tecnología que lo pueda resolver. También se menciona que propiciar conversaciones puede favorecer el surgimiento de posibles ideas para posteriormente escoger la que realmente tenga peso en impacto y dé solución a los clientes futuros.

En cuanto a hitos de éxito para esta etapa se menciona lograr la selección de un problema u oportunidad de negocio, que la idea de solución no posea conflictos de patentes, por lo que se recomienda realizar una búsqueda superficial mediante la plataforma *Google Patents* para tener una noción básica del estado del arte, y que la idea deba ser atractiva y motivante para los miembros del equipo.

Buscar el equipo: en torno al equipo de trabajo, la percepción es que es un proceso constante, pues a medida que el proyecto avanza se requiere incorporar nuevas capacidades y habilidades al equipo. Además, este mismo proceso de ampliación del equipo puede ir modificando la idea del proyecto. Es decir, no es una etapa puntual del proyecto.

El éxito de un equipo se logra cuando, entre dos, tres o más personas, dependiendo de la envergadura del proyecto y la capacidad del equipo, se cubren las 3 partes centrales de una empresa:

- Área técnica: la que sabe cómo hacer el desarrollo experimental o ingenieril del proyecto.
- Área comercial y financiera: se encarga de las necesidades de capital de los proyectos, de la inversión, del valor de la empresa, de los productos, de las presentaciones en concursos o ante inversionistas.
- Área operativa: se encarga de las tareas rutinarias del proyecto, que no falten los reactivos, el equipamiento, el lugar de trabajo, que todo esté en norma

Validar la idea: en general, la presencia de esta etapa se considera adecuada. Como hito de éxito se considera la realización de una revisión más acabada del estado del arte de la técnica de la propuesta de proyecto que permita realizar comparaciones con soluciones similares existentes. Adicionalmente se considera importante hacer la validación con el cliente o usuario, realizando encuestas o entrevistas que permitan obtener retroalimentación para iterar la idea del proyecto. Este punto se ilustra en la siguiente cita:

"Nosotros lo que hicimos para validar la idea fue una encuesta. Fuimos a donde estaba nuestro público, donde creíamos que estaba nuestro público objetivo, que era por ejemplo, mujeres entre 25 y 45 años de estrato sociales económicos medio alto, ¿caxay?, entonces tomamos una encuesta y fuimos a preguntarle a mujeres que estaban en Apoquindo, ¿caxay?, y fuimos a distintas cafeterías y buscamos nuestro público y así fuimos validando la idea."

Diseñar el proyecto: en general, la presencia de esta etapa se considera adecuada. Entre las sugerencias para la etapa de diseño se considera importante optimizar los experimentos y circuitos genéticos que permitan entregar la mayor cantidad de información posible y de manera rápida para ir reduciendo la incertidumbre técnica del proyecto. El uso de controles adecuados es necesario para cada experimento.

Como estrategia experimental se propone que los experimentos puedan dividir al proyecto con la finalidad de focalizar el trabajo. En esta misma línea, otra de las observaciones es que no sólo importa el diseño experimental, sino que también debe incorporarse el diseño comercial en un emprendimiento, a menos que el proyecto sea netamente de investigación.

Buscar financiamiento: se percibe como buena decisión la de separar en dos etapas la búsqueda del financiamiento, pero dejando clara la finalidad de cada una: financiamiento para prototipo o financiamiento para escalamiento (empaquetamiento de producto).

Dentro de algunas alternativas de financiamiento se mencionan fondos del gobierno, *crowdfunding*, donaciones, venta del mismo producto o de un *kit* más sencillo que pueda financiar por un tiempo el desarrollo principal.

Uno de los entrevistados considera importante formalizar la empresa apenas se consiga financiamiento para el proyecto, porque permite dejar las "reglas" claras entre los socios mediante contratos y así evitar futuras discusiones. Se agrega adicionalmente que en Chile hay hartas facilidades para empezar y cerrar empresas, por lo que si el proyecto falla, la empresa simplemente queda suspendida.

Como hito de éxito para esta etapa se considera el levantamiento de capital suficiente para cubrir las necesidades de la empresa (diseño del proyecto y capital humano), luego de haber postulado a alguna instancia de financiamiento como fondos CORFO.

Validar el proyecto: de manera general, se percibe el prototipo como una herramienta de validación que ayuda en la toma de decisiones, pues permite actuar como prueba de factibilidad técnica del proyecto, es decir, para verificar que cumpla la función para lo cual fue diseñado, por ejemplo si es un biosensor del compuesto X, que realmente sense la presencia de X. En esta línea, se destaca un comentario sobre que la biología

sintética quizás no aplica para todos los casos, resultado que podría desprenderse en el proceso de construcción del prototipo.

También representa una prueba comercial, en el sentido de comprobar que el prototipo pueda ser vendido en el mercado para resolver el problema que había sido identificado. Se menciona que no es necesario que el prototipo sea perfecto o económicamente rentable, pero que sí se pueda vender para testear su funcionamiento en la práctica, es decir, que la gente lo use como un Producto Mínimo Viable. Además, este proceso de testeo debe darse fuera del laboratorio, donde podrían surgir nuevas oportunidades.

De acuerdo a los entrevistados, el éxito de esta etapa está dado cuando se termina la construcción del prototipo que permita validar técnicamente y comercialmente el proyecto, es decir, cuando se realizan las pruebas pertinentes, en condiciones reales, para evaluar si satisface las necesidades de los clientes o usuarios.

Modelar el negocio: desde el punto de vista de la industria, se considera correcto incluir una etapa de diseño del modelo de negocios del proyecto con la descripción presentada. Sin embargo, se sugiere moverlo a etapas más tempranas cerca de la validación y diseño del proyecto, pues desde el diseño debe estar incorporada la noción de crear un proyecto que sea económicamente sustentable. Así, adelantar esta etapa permitiría evitar: 1) perder tiempo en aspectos experimentales sin valor para el objetivo del proyecto, 2) no tener la capacidad económica para sustentar y generar la solución, aunque técnicamente sea correcta y factible, y 3) construir un producto que no sea lo que realmente quiere el mercado. En la siguiente cita se ilustra la importancia del modelo de negocios:

"Siempre está un poco en paralelo la parte de negocios y desarrollo en el laboratorio, pero la parte de modelar el negocio te ahorra mucho desarrollo perdido, en el sentido de que te dice al tiro desarrolla A, porque A es lo que quiere el mercado versus tú solo empezar a desarrollar B y después preguntarle al mercado "hola, ¿quieres B?", no, en verdad quería A, y te perdiste cuántos meses desarrollando B."

La etapa de modelo de negocios se considera como la planificación estratégica de la empresa (a corto, mediano y largo plazo) que establece la manera en qué se resolverá el problema detectado velando por que la empresa sea sostenible en el tiempo. Es una fase compleja pues requiere de varias iteraciones para validar el modelo. Por ello se considera importante partir con un modelo escrito en papel, que sea conocido por todo el equipo y que tenga definido distintos indicadores claros y medibles que den cuenta de los diversos aspectos del modelo, ojalá de manera diaria o semanal. La utilidad de los indicadores es que, si están bien diseñados, permiten entregar información rápida de cómo está funcionando la empresa. Por ejemplo, pueden ser indicadores de rentabilidad o indicadores de fallo de producto.

Se destaca el comentario de que si se tiene un buen modelo de negocios y se tiene un buen prototipo que responda a las necesidades del mercado, entonces la búsqueda de financiamiento del punto 9 es más sencilla, como se aprecia en la siguiente cita:

"La plata llega muy muy fácil cuando tienes un buen modelo de negocios, sólido y demostrado y un prototipo que de verdad puede llegar a la venta."

El salto: en cuanto a esta etapa, uno de los entrevistados comenta que el desarrollo de un emprendimiento no termina aquí, sino que después viene todo el proceso de implementar, operar y rentabilizar la empresa u organización creada. Es una etapa que involucra aspectos de *management* corporativo, crecimiento, ventas, etc. El mismo entrevistado destaca la importancia de las empresas de I+D de reinvertir parte de las utilidades para seguir realizando I+D para desarrollar nuevos productos o procesos, contratar personal especializado, etc.

Consultándoles por la etapa del proceso que consideran toma más tiempo, desde la mirada industrial, se percibe que depende del tipo de producto o proyecto que se está realizando, porque, por ejemplo, no es lo mismo un proyecto de venta de probióticos que un proyecto de venta de biofertilizantes. Por experiencia de uno de los entrevistados, el desarrollo de su prototipo demoró de dos años y medio a tres años. Luego el modelo de negocios demoró dos meses, pero la validación para el mercado final es la que tomará más tiempo pues debe pasar las pruebas de bioseguridad de la FDA, pudiendo demorar hasta 5 años. En cambio, la venta de biofertilizantes podría tomar dos años para ya tener ventas, es decir, tomaría dos años el construir el prototipo, validar el negocio y hacer pruebas.

A modo de comentarios generales, se reconoce que la guía presentada es una guía simple que, a primera vista, entrega una hoja de ruta de todos los pasos necesarios para realizar un proyecto. No obstante, se sugiere profundizar en los detalles propios de cada etapa como por ejemplo, qué tipos de empresas se pueden constituir, cómo obtener una cuenta bancaria, etc. En este contexto se recomienda revisar *El manual del Emprendedor* de la Asech. Se hace la observación de que la descripción de la etapa “Buscar la idea” debería concretizarse más, pues para uno de los entrevistados pareciera ser muy superficial.

En cuanto al aspecto gráfico, se destaca el darle relevancia al aspecto temporal de los procesos que no necesariamente son secuenciales, pues algunos se realizan en paralelo, o bien son iterativos y no tan lineales. De esta manera, se sugiere considerar un formato más similar a una carta Gantt que pueda contener los hitos claves de inicio y termino de cada etapa, enfocándose en el dimensionamiento de los tiempos de desarrollo en biotecnología, porque es algo que usualmente se hace poco y es lo que más puede impactar en el proceso. Adicionalmente se sugiere usar colores para hacerla más atractiva o para categorizar visualmente las partes de la guía, ya que podría clarificar las tareas que deban ser realizadas por cada integrante de equipo de acuerdo a su *expertise*.

5.1.4 Discusiones generales del estudio

A continuación se muestran las discusiones del estudio, comparando los resultados obtenidos tanto en las entrevistas realizadas a profesores y expertos externos como en la encuesta aplicada a los estudiantes. Esta discusión está agrupada en 5 categorías principales: Muestra del estudio, Características propias de un proyecto de biotecnología, Relación del DIQBT con la innovación y emprendimiento, Proyectos extra-académicos de los estudiantes del DIQBT, e Interés en usar una guía orientativa.

5.1.4.1 Muestra del estudio

El estudio realizado entrega los primeros resultados que permiten realizar una caracterización de la situación actual del DIQBT en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles. Además, permite obtener opiniones de terceros sobre los alcances de la guía que se pretende elaborar en esta memoria de título.

Si bien la selección de los entrevistados fue intencionada para tratar de abarcar distintas opiniones que pudieran entregar mayor representatividad al estudio, la selección de los estudiantes no lo fue, debido al medio de muestreo utilizado para obtener la información: distribución de la encuesta vía web para ser auto aplicada voluntariamente. Esto claramente pudo conllevar a un sesgo en los resultados, pues los estudiantes más cercanos a las temáticas de la encuesta pudieron ser más proclives a interesarse por contestar. No obstante, se realizó un análisis estadístico mediante un contraste de hipótesis usando una distribución *t-student*, para comparar los parámetros principales de la muestra con los de la población (Figura 16, Figura 17 y Figura 18) Dichos parámetros fueron género, año de ingreso y especialidad cursada, resultando que existe una significativa similitud en los parámetros con un 95% de confianza para casi todos los datos estudiados. Los únicos que presentan diferencia significativa corresponden a aquellos estudiantes que estudian las dos carreras, a los que ingresaron antes del 2010 y a los que ingresaron el 2011.

Dichas diferencias podrían estar relacionadas a que la información oficial de la población no necesariamente concuerda con lo que ocurre en la práctica. Por ejemplo, algunos estudiantes realizan el cambio de código de la(s) especialidad(es) antes de los 4 semestres que dura el Plan Común, mientras que otros estudiantes efectúan el cambio de código algunos semestres después de ingresar realmente al Departamento. Adicionalmente, el registro oficial de la población ya no contempla a los estudiantes egresados, que justamente coincide con las generaciones que ingresaron el 2010 y 2011, pero éstos sí tienen acceso al foro institucional en donde fue publicada la encuesta.

De esta manera, aunque no se puede concluir que la muestra es totalmente representativa de la población de estudiantes del DIQBT, las semejanzas en los datos estudiados son un indicio de que la muestra no se aleja tanto de la población general.

5.1.4.2 Características propias de un proyecto de biotecnología

En general, tanto profesores como expertos consideran que la industria biotecnológica chilena aún es pequeña. Por lo mismo, creen que es importante incluir las nociones de innovación y emprendimiento para favorecer el crecimiento de este sector que permita que las soluciones científicas puedan efectivamente llegar a la sociedad.

Si bien los profesores identifican algunos elementos característicos de la biotecnología, de los cuales varios son mencionados también por los expertos externos: conocimiento científico específico, extensos tiempos de desarrollo, capital humano, no existe un consenso claro entre los académicos sobre cuáles son aquellos elementos que diferencian a un proyecto de biotecnología de proyectos de otras áreas, que sí se aprecia en los expertos externos. No obstante, las características descritas son coherentes con las descritas en la sección del marco teórico y, adicionalmente, se condicen con los elementos que los estudiantes han declarado como necesarios para la realización de sus proyectos extra-académicos de biotecnología.

Debido a estas características, las personas que trabajan en esta área deberían tener una alta capacidad de tolerar la incertidumbre y el fracaso, ya que los resultados en biotecnología no son inmediatos. Por este motivo, se destaca la importancia que debe tener el diseño ingenieril en biotecnología como herramienta de predicción, tal como ocurre en otras ingenierías, puesto que de esta manera el trabajo es mejor direccionado y no se lleva a cabo mediante “prueba y error”. Es aquí donde la biología sintética adquiere una relevancia importante, pues le da la oportunidad a la ingeniería genética y a la biotecnología para volverse realmente una disciplina más ingenieril.

Adicionalmente, se considera interesante que para reducir los costos se favorezca la adopción de sistemas colaborativos para compartir recursos, espacios y equipamiento con otros proyectos del área, pues esta dinámica sería coherente con la que busca fomentar la biología sintética a nivel global.

5.1.4.3 Relación del DIQBT con la innovación y emprendimiento

En general, la percepción de los profesores entrevistados sobre los conceptos de innovación y emprendimiento se asemeja a lo que piensan los entrevistados externos, y a su vez, a lo encontrado en la literatura. Con base en esto, los profesores consideran que la enseñanza formal de estos temas en la Facultad es nula o muy débil, lo que no sería de extrañar por la actual cultura institucional de la Facultad vislumbrada como muy conservadora, academicista, unidisciplinaria, rígida y burocrática. Incluso, este pensamiento ya es generalizado, reportándose en otros académicos de la Facultad [106]. De todas formas, estos elementos son contrarios a los que debe aspirar la Facultad si desea convertirse en un ecosistema que promueva la participación en innovación y emprendimiento.

Pese a que se reconoce un incipiente proceso de cambio gracias a la ostentosa propuesta del Proyecto 2030, aún prevalecen grandes confusiones sobre cómo esta iniciativa está siendo plasmada en la Facultad y particularmente en el DIQBT. No obstante, el Departamento ha estado consciente de la importancia que presenta el

poseer competencias para desarrollar innovación en el área biotecnológica antes del surgimiento del Proyecto 2030, pues así lo declara una parte del perfil de egreso de los ingenieros civiles en biotecnología vigente desde el 2007, pero ningún profesor mencionó que esta competencia sea característica de la actual formación de los estudiantes.

Es interesante apreciar que, aun cuando todos los profesores entrevistados concuerdan con la posibilidad de integrar la innovación y emprendimiento como un camino formativo alternativo en el DIQBT, ésta sería una tarea difícil de lograr si se piensa en una reformulación a nivel de malla curricular, ya que se requeriría involucrar al resto de los académicos del Departamento para discutir las implicancias de la propuesta. No obstante, cabría realizar la observación de que dicha discusión debería llevarse a cabo considerando la participación de actores externos y diversos, pues de otro modo se podría caer en el sesgo academicista y unidisciplinario identificado a nivel de Facultad, conllevando a la construcción de una propuesta poco robusta en términos de innovación y emprendimiento. Además, dicha discusión debería comenzar en el corto plazo, pues en términos generales la valoración e interés por emprender está aumentando en la sociedad chilena de acuerdo al Reporte GEM Chile 2015 [55], por lo que existe la posibilidad de que también aumente el interés dentro del estudiantado que comience a exigirlo en su formación.

Si bien no se les consultó a los estudiantes sobre esta posible formación en innovación y emprendimiento, podría ser una alternativa para aquellos estudiantes que no planean ser un empleado en una empresa ya establecida, sino que buscan crear sus propias organizaciones. Esto podría contribuir a fomentar el reducido sector biotecnológico del país y sería consecuente con la opinión de los profesores sobre que uno de los roles que deberían tener los ingenieros en biotecnología egresados del DIQBT, sería el de emprendedor. Sin embargo, a pesar de que la visión estuviera puesta en formar ingenieros emprendedores, es interesante y pertinente considerar que éste no debe ser el único rol, pues es igual de importante crear nuevas organizaciones (emprender) como también mantener en el tiempo las ya consolidadas (sostener) como sugirió uno de los entrevistados, ya que con el tiempo estas organizaciones consolidadas se podrían transformar en actores relevantes de los ecosistemas de innovación y emprendimiento.

5.1.4.4 Proyectos extra-académicos de los estudiantes del DIQBT

A pesar de que la encuesta no fue respondida por todos los estudiantes del Departamento, la fracción de alumnos que actualmente participa o ha participado en al menos un proyecto extra-académico, es de alrededor de un no despreciable 25%, generando 103 interacciones estudiante-proyecto. Además, es interesante apreciar que la mayoría ha participado en más de un proyecto, pero la encuesta diseñada no da cuentas de cuáles son todos esos proyectos y sus características, sino que más bien está centrada en estimar el grado de participación de los estudiantes del Departamento y en profundizar sólo en aquellos proyectos de índole biotecnológica.

Para estimar este grado de participación, se diseñó el Índice de Participación que refleja el grado de involucramiento y constancia de los estudiantes en aportar al desarrollo de proyectos extra-académicos, que puede estar asociado a participar en un proyecto

distinto cada semestre, o a participar en el mismo proyecto por varios semestres. Sin embargo, no se tiene registro previo de un índice similar en el Departamento, por lo que no se puede realizar una comparación histórica. De todas formas, este indicador debería ser refinado, debido a la manera en que se construyó.

Pese a que tanto profesores como estudiantes están de acuerdo con que realizar proyectos en la universidad es una gran oportunidad de aprendizaje, el tiempo que cada estudiante puede dedicar a esta tarea es limitado. Es más, ambos consideran que este es el principal obstáculo que enfrentan los alumnos para una buena ejecución de sus proyectos, incluso es el argumento entregado por aquellos estudiantes que nunca han participado de proyectos, aunque no es el único, puesto que también los limita la falta de acceso a recursos y espacios. Este último tipo de limitación, también es la que principalmente ha afectado a los entrevistados externos, pues contar con financiamiento y un laboratorio de trabajo con el equipamiento necesario, es crucial para cualquier proyecto de biotecnología que requiera manipulación de microorganismos o derivados de éstos.

Por otro lado, los profesores consideran que el principal elemento que favorece el desarrollo de los proyectos extra-académicos de los estudiantes es su propia motivación. El resto de los elementos identificados también son de carácter esencialmente personal, lo que conlleva a deducir que el desarrollo de los proyectos se ve fuertemente influenciado, de manera positiva, por la actitud de los alumnos, pues nadie los obliga a realizar sus proyectos. En esta línea, es interesante una de las opiniones entregadas sobre que los estudiantes que ingresan al Departamento, en su mayoría, lo hacen con un grado de madurez superior al promedio de las otras carreras. Sería interesante indagar con mayor profundidad este aspecto, puesto que esta característica podría ser beneficiosa en el ecosistema que busca instaurar el Proyecto 2030.

Respecto a la experiencia particular que han tenido algunos estudiantes con proyectos extra-académicos que incorporan aproximaciones biotecnológicas, se puede desprender que no existe una tendencia clara que relacione el nivel de desarrollo alcanzado con el tiempo de desarrollo. Por ejemplo, se mencionan proyectos en etapas de concepción y diseño (bajo nivel de desarrollo) que han tomado más de un año (alto tiempo de desarrollo) y, por otra parte, hay proyectos que han logrado la etapa de operación que sólo tomaron un semestre o menos. Adicionalmente, es relevante destacar que la mayoría de los proyectos ha necesitado incorporar especialidades distintas a la de Ingeniería civil en Biotecnología, demostrando la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipos multidisciplinarios fuera del entorno académico. También es interesante apreciar que un mismo proyecto se percibe de manera distinta de acuerdo al estudiante que responde la encuesta. Por ejemplo, el proyecto relacionado a la producción de un plástico biodegradable del grupo OpenBio UChile fue mencionado por tres alumnos, pero cada uno lo identificó en un nivel de desarrollo distinto y no todos reconocieron las mismas especialidades involucradas. Probablemente este hecho se deba a fallas en la comunicación interna del grupo, o en no tener la claridad suficiente de las diferencias de los cuatro niveles de desarrollo de un proyecto. Por otro lado, de los resultados de la Tabla 14, es interesante destacar que los aspectos de “Poseer el apoyo de académicos externos al DIQBT” y de “Poseer asesoría de un experto externo” no aplican para el 50% de los estudiantes que respondieron la encuesta. De esto se podría desprender que los estudiantes no han interactuado con académicos externos al DIQBT ni con expertos externos,

desaprovechando la oportunidad de contar con personas con mayor experiencia que los puedan asesorar y guiar en el proceso. Sin embargo, se desconocen las razones particulares de por qué no han considerado estos aspectos. De la misma manera, en cuanto a los espacios, laboratorios y equipamiento disponibles, se puede inferir que no todos los estudiantes han hecho uso de éstos para el desarrollo de sus proyectos, probablemente por el acceso restringido, pues la mayoría de los laboratorios son para uso preferente de los investigadores de la Facultad.

Ahora, si el análisis se centra en las razones que dan los estudiantes para no incluir aproximaciones biotecnológicas en sus proyectos extra-académicos (Figura 22), un alto porcentaje (62,9%) declara que le interesan otras áreas. No obstante, dicho resultado no es extraño al considerar que casi la totalidad de este porcentaje corresponde a estudiantes de Ing. civil Química. De todas formas, sí existe interés en el resto de los estudiantes en incluir aspectos biotecnológicos en sus proyectos, pero manifiestan que no sabrían cómo abordarlos y/o que no poseen el conocimiento técnico necesario, lo que quizás está asociado a una falta de orientación en cómo el estudiante debe proceder, orientación que probablemente el estudiante no está encontrando explícitamente en el Departamento.

Debido a lo anterior, se puede desprender que el Departamento no influye de manera directa en el proceso. De hecho, no existe ninguna política departamental que regule estas participaciones, dejando todo sujeto a la disposición y voluntad personal de los profesores. Esta situación no es provechosa si se compara con la realidad de otras universidades reconocidas por su capacidad de innovación y emprendimiento [57], quienes se han hecho cargo de no dejar esta interacción estudiante-académico al azar. Por el contrario, se insta formalmente a que los estudiantes se involucren con las investigaciones y tecnologías que desarrollan sus profesores, ya que estudios han arrojado que los estudiantes juegan un rol importante en la transferencia de las tecnologías desarrolladas, que eventualmente se convierte en *spin off* (emprendimientos desprendidos de alguna institución) para efectivamente transferir el conocimiento a la sociedad.

No obstante, pareciera existir cierta conciencia de esta situación y un deseo por mejorarla, pues se entregaron distintas propuestas de cómo mejorar la compatibilización de tiempos y las barreras de acceso a recursos y espacios para propiciar el desarrollo de los proyectos estudiantiles. De hecho, uno de los entrevistados sugiere que sería de utilidad fomentar una cultura de colaboración entre investigadores y estudiantes, que es lo que ya se hace en estas universidades que fomentan las *spin off*. Sobre todo al considerar que el inicio de los emprendimientos de los entrevistados externos tuvo un origen académico. Por otra parte, si bien dentro del Proyecto 2030 existe una línea de trabajo (armonización curricular) que busca ajustar los programas de estudios para mejorar la compatibilización de las actividades académicas con las extra-académicas, aún es algo reciente.

5.1.4.5 Ventajas y desventajas de la biología sintética

En general, todos los entrevistados concuerdan que la mayor ventaja de la biología sintética es su enfoque ingenieril, pues permite diseñar algo antes de fabricarlo, reduciendo la lógica que tradicionalmente se aplica en biotecnología: prueba y error. La ventaja del diseño anticipado es que permite prever los experimentos antes de realizarlos, permitiendo diseñar estrategias que aceleran su implementación para reducir tiempos y costos de los proyectos. De esta manera, la biología sintética se enfoca en el diseño de aplicaciones, más que en la investigación, por lo que se vuelve más pertinente considerarla como herramienta para favorecer la innovación y emprendimiento en biotecnología. No obstante, en Chile aún es muy poco el desarrollo y el número de personas que se pueden encontrar trabajando con estas técnicas con quienes poder compartir experiencias. Por este motivo, las universidades podrían cumplir un rol importante instando a los estudiantes a aprender sobre estas nuevas herramientas. En este sentido, es interesante destacar que uno de los profesores entrevistados haya manifestado que la biología sintética se está volviendo una herramienta central para la biotecnología, pues podría abrir las puertas a que su desarrollo se incremente en el DIQBT.

Si bien los entrevistados han tenido buena experiencia con la biología sintética, tanto a nivel industrial como a nivel de investigación, y pareciera que con ella sería posible solucionar todos los problemas, hay que estar conscientes que la biología sintética aún se encuentra en etapas incipientes de desarrollo si se le compara a otras tecnologías. Por lo mismo, es importante que quienes hagan uso de sus potencialidades lo realicen de manera responsable, ya que puede generar impactos negativos si se le da un mal uso, riesgo al que están expuestas todas las tecnologías que el hombre ha creado.

También es interesante destacar el comentario de que el modelo abierto y colaborativo de la biología sintética puede eventualmente favorecer el desarrollo de la industria biotecnológica, pues esta opinión se contrapone a lo encontrado en la literatura, donde usualmente las empresas de biotecnología basan su estrategia de desarrollo en la protección industrial. A futuro sería llamativo profundizar la discusión en torno a este punto, ya que quizás, la versatilidad y rapidez que otorga la biología sintética para la construcción de sistemas biológicos, podría ocasionar que las innovaciones sean tan rápidas al punto de que no tenga mucho sentido proteger las invenciones, tal como usualmente ocurre con las tecnologías de la información.

5.1.4.6 Interés en usar una guía orientativa

En general, profesores, estudiantes y expertos están de acuerdo con que la existencia de una guía orientativa para desarrollar proyectos de biotecnología sería de gran utilidad. No obstante, los profesores realizan algunas salvedades por su novedad. Por ejemplo, algunos profesores no están seguros de que los alumnos hagan uso de la guía, incerteza que vendría del hecho de que nunca se había propuesto algo similar en el Departamento. Para salir de la duda, habría que implementar la guía, proceso que podría ocurrir de manera libre, o mediante un seguimiento por parte del DIQBT. Cabe destacar que de este proceso se podría obtener retroalimentación para continuamente ir mejorando la guía.

También se cree que sería sesgado incluir solamente la temática biotecnológica en esta guía. No obstante, debido a que cada disciplina posee características específicas, es preferible adaptarlas a su propia área de trabajo. Por lo demás, seguramente podrían existir etapas comunes que sí podrían ser compartidas entre disciplinas distintas.

Por otro lado, si bien existen estudiantes que sí harían uso de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos, y otros que tal vez la usarían, esta es una fracción reducida si se considera al total de estudiantes que declaran participar en proyectos. Pese a esto, no se puede esperar que todos los estudiantes del Departamento estén interesados en desarrollar emprendimientos biotecnológicos, por lo que se considera que la cifra obtenida, a pesar de ser reducida, de todas formas es significativa. Además, si bien los estudiantes pueden no valorar rotundamente la guía, se espera que sí lo haga el DIQBT considerando el contexto en el que se encuentra actualmente la Facultad con el Proyecto 2030, pues este trabajo podría representar una oportunidad para mejorar el insuficiente desarrollo de la creatividad e innovación y la insuficiente vinculación con el medio externo que existe en la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología. Asimismo, la guía serviría de esqueleto para la eventual formación alternativa en torno a la innovación y emprendimiento que podría surgir en el DIQBT en los próximos años.

Dentro de los comentarios entregados por los expertos en torno a la guía preliminar presentada, se destaca la sugerencia de modificar el aspecto gráfico para darle mayor relevancia al aspecto temporal de las etapas que no necesariamente son secuenciales. Por otro lado, dentro de los comentarios que podrían implicar mayores modificaciones, se encuentra la formación del equipo, pues los entrevistados consideran que no es una etapa puntual, sino que abarca gran parte de proceso que se va viendo ajustada por las otras etapas. También se destaca el llamado a evaluar la posición de la etapa del modelo de negocios, pues se considera que está muy tarde en la secuencia, siendo que parte del modelo de negocios debería orientar qué es lo que específicamente el equipo diseñará y prototipará. El resto de los comentarios corresponden más bien a modificaciones menores que podrían ser beneficiosas para cada etapa.

5.2 Secuencia final de etapas de la guía orientativa

Esta sección tiene por objetivo presentar la propuesta final de la guía orientativa. Dicha propuesta incorpora la retroalimentación pertinente obtenida durante el proceso de levantamiento de información con estudiantes, académicos y externos, además de nueva bibliografía que complementa esta propuesta final.

A continuación se destacan algunos de los elementos principales que son modificados e integrados a la versión preliminar presentada en la sección 4.

Etapas iniciales: si bien no se había mencionado explícitamente en las metodologías descritas en el Marco Teórico, se considera importante contar con un emprendedor motivado y convencido, pues esta es la persona que lleva adelante la iniciativa y es clave para que el equipo de trabajo se consolide y pueda crecer. Son muchos años los necesarios para que una iniciativa en biotecnología entregue frutos, por lo que se requiere perseverancia, adaptación, visión estratégica y apasionarse del problema que se busca resolver.

Búsqueda de la idea: esta etapa de la guía preliminar no pareció ser muy concreta, en el sentido de que, más que buscar una idea inspiradora, el énfasis debe estar en la capacidad del emprendedor o grupo de trabajo en la identificación de una problemática que realmente esté afectando a alguien (público, comunidad, etc.). De esta manera, esta sección es reformulada para incluir una etapa de exploración y de identificación de alguna problemática. Para ello se incorporan aproximaciones del método *design thinking*, mencionado en una de las entrevistas.

Búsqueda del Equipo: para esta etapa el mensaje fue claro: no es una etapa puntual de un proyecto, sino que es una gran etapa que abarca la mayoría del proceso, pues a medida que el desarrollo avanza se van requiriendo otras competencias o habilidades, por lo que se incorporan personas nuevas al proyecto. Además, de acuerdo a los entrevistados, este proceso está muy relacionado con el resto de las etapas: por ejemplo, a medida que se modifica la idea de proyecto, se puede ver modificado el equipo y viceversa. No obstante, se recomienda partir con un equipo variado de 2 o 3 personas que puedan hacerse cargo de 3 aristas claves de un emprendimiento: área técnica, área comercial y financiera, y área operativa.

Modelo de negocios: en cuanto a la secuencia de las etapas de la guía preliminar, se percibió que la fase del modelo de negocios aparece muy tarde en la secuencia presentada. Se le atribuye gran importancia a esa etapa, por lo que los entrevistados recomiendan adelantarla al menos hasta un momento similar a la etapa de diseño del proyecto, pues parte del diseño experimental o comercial suele ser guiado por el modelo de negocios preliminar consensuado por el equipo de trabajo. De todas formas, se considera como una etapa no puntual, pues se va optimizando a medida que avanza el proyecto. De esta manera, para la versión final se divide esta etapa en dos partes: un modelo de negocios preliminar previo al diseño del proyecto y un modelo de negocios mejorado luego de, o en paralelo a, la etapa de validación del proyecto (prototipaje), pues al tener esta validación se requiere revisar con mayor profundidad los distintos aspectos del modelo de negocios final con el que el equipo de trabajo piensa operar a futuro.

Prototipaje: a pesar de ser una etapa muy necesaria para un proyecto de biotecnología, se hizo énfasis en que no sólo corresponde a una validación experimental del diseño teórico del proyecto, sino que también a una validación comercial, en el sentido de verificar que el prototipo realmente cumpla la función para la cual fue diseñado, es decir, que en un escenario real las personas afectadas logren solucionar su problemática usando el prototipo.

Etapas finales: si bien la versión preliminar de la guía consideraba una segunda etapa de búsqueda de financiamiento y una etapa final (El salto), éstas serán descartadas para la versión final, pues la manera de proseguir dependerá en gran medida del camino que escoja el equipo para su tecnología en la discusión del modelo de negocios mejorado: licenciar, vender, implementar o liberar. Adicionalmente, como fue mencionado al inicio sobre el alcance del trabajo, esta versión de la guía busca profundizar preferentemente en las etapas iniciales.

Aspecto temporal: como se puede inferir de lo descrito anteriormente, la propuesta preliminar de la guía no refleja la dimensión del tiempo que puede demorar cada etapa, pues era netamente secuencial. De acuerdo a la experiencia de los entrevistados (externos), sería ideal si la guía pudiese incorporar este aspecto, ya que el tiempo es un factor que pocos consideran al momento de desarrollar un emprendimiento en biotecnología, siendo que éste es un elemento crítico para este tipo de proyectos. De esta manera, se modifica el formato de presentación de la guía para que la propuesta final pueda, en cierto grado, reflejar gráficamente el aspecto temporal de las etapas presentadas.

Hitos de éxito: para esta versión final se presentan de manera explícita algunos hitos de éxito por etapas que deberían lograr las personas que utilicen la guía para poder continuar a la siguiente etapa del proceso. Varios entrevistados consideran pertinente este hecho, pues entregar objetivos parciales de cada etapa permitiría dar una orientación más clara al proceso de desarrollo del emprendimiento. De esta manera, cada etapa contiene una sección para mencionar los hitos de éxito básicos requeridos, considerando las sugerencias de los entrevistados y de la bibliografía revisada. Adicionalmente, se presentan lecturas sugeridas para complementar la información entregada.

Tomando en consideración estas modificaciones, en las siguientes secciones se describen de manera general los 9 pasos finales de la nueva versión de esta guía orientativa para el desarrollo de emprendimientos estudiantiles basados en el uso de la biología sintética. Gráficamente ésta se presenta en la Figura 27.

Cabe mencionar que en esta sección no se entrega todo el detalle de la metodología por su extensión. No obstante, ésta puede ser revisada en el Anexo F, con una redacción orientada a las personas que hagan uso de la metodología. Adicionalmente, para hacer más explícita la no linealidad del proceso, se presenta en el Anexo G un esquema gráfico que resume los distintos pasos principales de la guía, asemejándose a una especie de algoritmo de decisión.

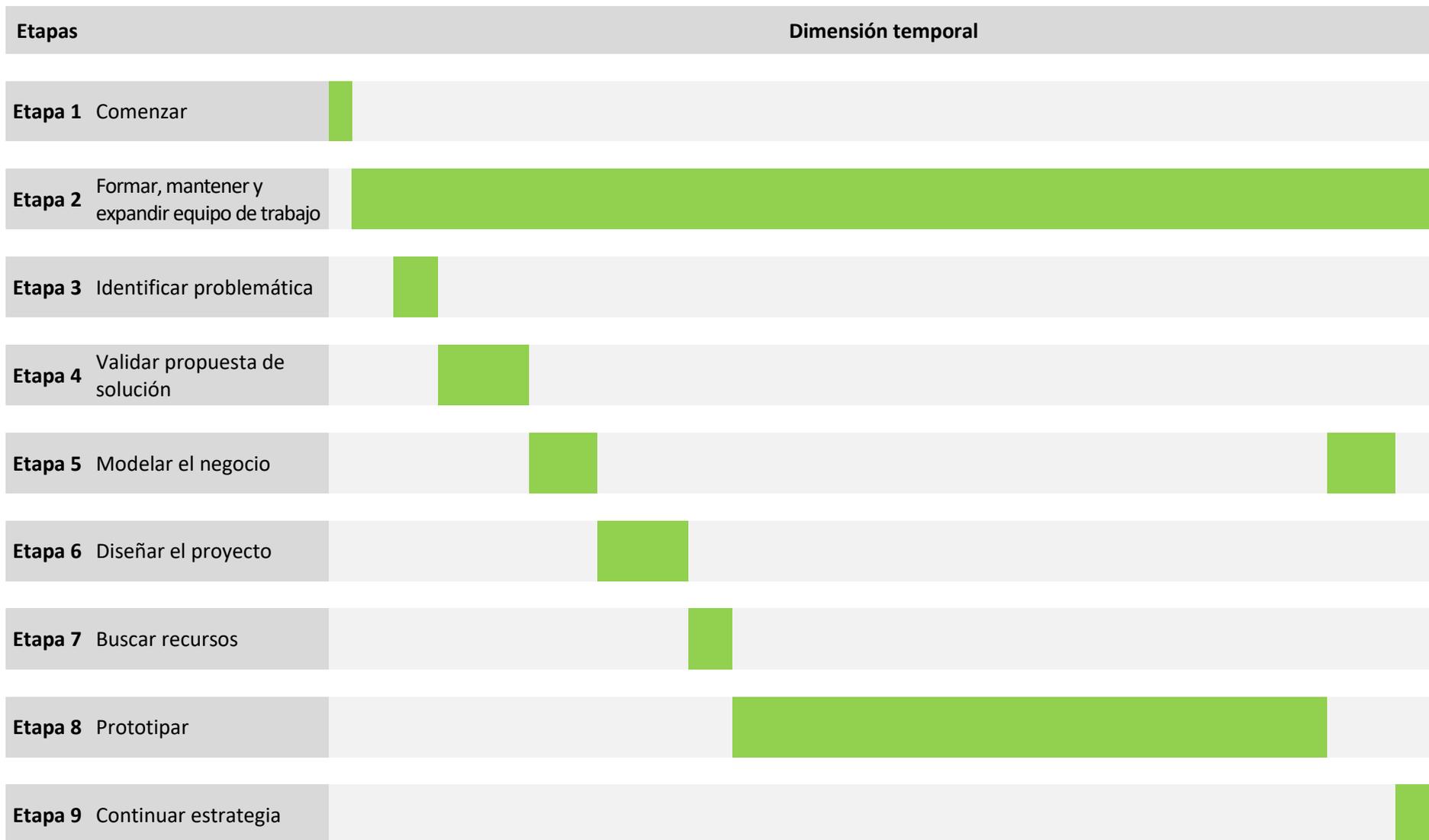


Figura 27: Propuesta de etapas de la versión final de la guía.

5.2.1 Introducción

Esta sección introductoria entrega un contexto general para el lector sobre las etapas de la metodología propuesta. En ella se define la estructura general de cada etapa, la que consiste de 3 secciones principales:

- **Descripción:** corresponde a la parte central de cada etapa, en donde se describe qué implica y por qué es importante dicha etapa. En algunas de ellas se sugieren maneras de cómo abordarlas y se presentan algunos ejemplos.
- **Hito de éxito:** consiste en una pequeña sección que indica cuáles deberían ser los objetivos logrados en cada etapa antes de continuar a la siguiente.
- **Lecturas sugeridas:** en esta sección se pone a disposición algunas referencias bibliográficas de interés para el lector, relacionadas a la etapa en cuestión.

Asimismo, se presentan algunas advertencias que es bueno que el lector tenga en cuenta de antemano para desenvolverse mejor en el ámbito del emprendimiento. Estas advertencias consisten en tener la actitud para:

- Desenvolverse en un ambiente de alta incertidumbre y riesgo
- Poseer alta tolerancia al fracaso
- Poseer alta motivación
- Estar consciente de que no existe la “receta” perfecta para emprender
- Saber que emprender en biotecnología no es sencillo

Finalmente, se presentan algunas organizaciones: Ecosistema OpenBeauchef, Laboratorio de Gobierno, incubadoras, Start Up Chile, R2B Catalyst, que pueden ser de ayuda para los lectores que deseen iniciar un emprendimiento.

5.2.2 Etapa N°1 - Comenzar el viaje

De acuerdo a la Figura 27, esta es la primera etapa efectiva para desarrollar un emprendimiento. Cabe destacar que es importante que el lector haya hecho lectura de la parte introductoria, pues le entrega un contexto general de la metodología y de las principales advertencias, o requisitos, que hay que tener en cuenta para este proceso.

El primer paso de esta etapa es determinar en qué situación se encuentra la persona interesada en embarcarse en este proceso (Tabla 16). Para esto, se le plantea al lector la siguiente secuencia de preguntas:

- ¿Tienes una tecnología para explotar en tu emprendimiento?
- ¿Tienes una idea para tu emprendimiento?
- ¿Tienes motivación para crear o participar de un emprendimiento?

Se puede observar en la Figura 36, que estas preguntas actúan como una especie de algoritmo que le permite al lector lograr la identificación de un marco de trabajo para su emprendimiento, si es que realmente desea asumir el papel de emprendedor. Cada pregunta origina una respuesta afirmativa o positiva que le indica cómo proseguir.

Cabe destacar que independientemente de la situación de la persona, para todos los casos se sugiere realizar un ejercicio de reflexión, propuesto en la Tabla 17 del Anexo F.2, aunque sí es un camino obligado para aquellos que sólo tienen motivación. Este ejercicio consiste en un conjunto de preguntas que tienen como principal objetivo intencionar un cuestionamiento que permita el auto conocimiento del propio lector para favorecer la identificación de una idea para su emprendimiento. Además, auto conocerse es considerado un aspecto relevante para aumentar las probabilidades de éxito de un emprendimiento [107].

Si bien esta reflexión puede realizarse de manera individual, se propone que también sea realizada en grupo con posibles co-fundadores del emprendimiento, ya que de esta manera pueden ir conociéndose desde el principio para armar un posible equipo inicial de trabajo.

El tiempo requerido por el proceso de reflexión puede variar de un par de semanas a un par de meses, puesto que varía de persona en persona dependiendo de la profundidad de análisis que cada uno necesite y quiera otorgarse. Además, el proceso puede ser complementado con indagación bibliográfica de temáticas de interés, con conversaciones con pares o con lecturas que puedan nutrir su reflexión.

Hito de éxito

Finalmente, esta etapa se considera concluida una vez que se haya identificado una primera idea, o marco de trabajo, que dirija el emprendimiento biotecnológico que la persona desea iniciar. Concretamente, se debería ser capaz de estructurar una pequeña frase que responda a la siguiente pregunta *¿En qué área me podría manejar bien para aportar con algo que me guste hacer por un período prolongado de tiempo?*, pues sobre la respuesta se continúa el trabajo de las próximas etapas.

Lecturas sugeridas

- C. Otto Scharmer. Theory U: Leading from the Future as It Emerges. 2016. 536p
- Sir Ken Robinson. El Elemento. 2012. 360p

5.2.3 Etapa N°2 - Formar un equipo de trabajo

Formar un equipo de trabajo es crucial para que un emprendimiento tenga éxito a largo plazo. Por este motivo, a los lectores se les recomienda desde etapas tempranas pensar en los co-fundadores del eventual emprendimiento. Esta es una etapa que abarca la totalidad del proceso como lo ilustra la Figura 27, pues la formación, mantención y crecimiento del equipo es un proceso dinámico e iterativo expuesto a distintos factores tanto internos como externos, que van apareciendo a medida que se avanza con el proyecto. Por esta razón, es necesario que los equipos sean capaces de adaptarse rápidamente para enfrentar los desafíos que surgen en el camino.

De esta manera, a los lectores se les proporciona una lista con algunas sugerencias para la formación y posterior mantención de un buen equipo de trabajo en el marco de un emprendimiento biotecnológico, incluyendo aspectos como:

Perfil del equipo: se les sugiere formar un equipo de personas que posean valores, intereses y personalidades similares, pero que a la vez sean diversas en experiencias,

disciplinas y conocimientos, para ser capaces de combinar respetuosamente sus habilidades en función del objetivo del proyecto.

Definición de roles: esta acción permite darle claridad a las tareas y responsabilidades de cada miembro del grupo comprometido con el objetivo del proyecto. Inicialmente se les sugiere definir tres roles:

- **Área Técnica:** persona que maneje el conocimiento técnico propio del rubro del proyecto para liderar el diseño y desarrollo experimental y/o ingenieril.
- **Área Comercial y Financiera:** persona que se encargue de liderar las necesidades de capital de los proyectos, de la inversión, de los productos y/o servicios y de las presentaciones en concursos o ante inversionistas.
- **Área Operativa:** persona que se encargue de liderar las tareas rutinarias y logísticas del proyecto como asegurar que no falten los reactivos ni el equipamiento ni el lugar de trabajo necesario.

Asesores o mentores: se les sugiere que adentrado en el desarrollo del proyecto, incluyan al equipo de trabajo personas con mayor experiencia que puedan actuar como mentores, o guías, para colaborar en distintas aristas del emprendimiento.

Comunicación: se les recomienda siempre mantener una comunicación fluida, constante, efectiva y sincera con todos los miembros del equipo, pues cuando existen problemas de comunicación comienzan a aparecer distintos problemas en las relaciones de los integrantes que perjudican el desarrollo del proyecto.

Reglas claras: en ocasiones los emprendimientos decaen cuando las relaciones internas del equipo se vuelven tensas. Para reducir las probabilidades de que esto ocurra, se les recomienda desde un inicio dejar por escrito las reglas que normen la convivencia futura del equipo, considerando aspectos como responsabilidades de los roles, maneras de repartir la retribución cuando el emprendimiento es exitoso y los costos cuando no lo es, definir qué hacer cuando uno de los miembros no cumple sus funciones, establecer los valores y objetivos del equipo, entre otros.

Hito de éxito

Como ya fue mencionado, esta es una etapa que abarca una gran fracción del emprendimiento completo. Por lo tanto, para considerarla concluida, de manera preliminar, se debería lograr la formación de un equipo de al menos 3 personas con valores y personalidades comunes que puedan suplir los tres roles recomendados. Adicionalmente, se debe dejar claramente registrado cuáles serán las tareas específicas de cada miembro y proyectar las primeras normas de convivencia que tendrán a futuro para evitar posibles conflictos cuando el equipo crezca.

Lecturas sugeridas

- York et al. Building biotechnology teams: Personality does matter. Journal of Commercial Biotechnology. 15(4): 335-346. 2009.

5.2.4 Etapa N°3 - Identificar una problemática

Luego de haber formado un equipo inicial, esta tercera etapa principalmente requiere que el grupo realice una acabada observación y exploración del entorno para comprender el contexto tanto temporal como geográfico en el que están insertos, con el fin de identificar distintas problemáticas, u oportunidades, que estén impactando a alguna comunidad determinada.

Se les enfatiza a los lectores que es de suma importancia realizar a conciencia esta etapa, pues uno de los errores comunes de los emprendedores es anticipadamente proponer una solución sin conocer completamente la realidad del verdadero problema que se busca resolver con dicha solución. Por este motivo, esta etapa se divide en 3 partes principales, guiadas por el diagrama de la Figura 36.

I. Segmentar y seleccionar mercados: corresponde a identificar y escoger posibles oportunidades de mercado de la idea identificada en la etapa N°1. Para llevar a cabo esto, se les sugiere realizar un método de explosión-acotación de potenciales industrias, usuarios y tareas de dichos usuarios, basado en una guía de preguntas (Tabla 19) que les permita escoger inicialmente entre 6 a 12 oportunidades de mercados para su emprendimiento, de acuerdo a la disponibilidad de tiempo y recursos del equipo.

II. Explorar y analizar mercados: este paso se basa en realizar estudios que permitan explorar y conocer el contexto real de los mercados escogidos anteriormente. Se les enfatiza a los equipos que es una etapa esencialmente de trabajo en terreno, pues mediante encuestas, entrevistas, grupos focales y/u observación, se debe obtener información valiosa directamente de las personas involucradas, y no sólo de Internet. Este proceso les permite comprender las posibles problemáticas que estén afectando a los usuarios identificados dentro de los mercados escogidos. Para este paso se les sugiere un cuestionario de preguntas básicas que les permita guiar su estudio de mercado (Tabla 20), que debe finalizar, idealmente, cuando empiece a ser visible la saturación (o tendencia) de las respuestas después de cierto número de personas consultadas.

III. Seleccionar un mercado: luego del paso anterior, se le sugiere al equipo escoger un solo mercado, idealmente sin competidores, que presente la mejor oportunidad para desarrollar su potencial emprendimiento. El propósito de esta elección es forzar la focalización del trabajo de las próximas etapas para así aumentar las probabilidades de éxito del emprendimiento en el mercado escogido. Esto se intenciona porque, de acuerdo a B. Aulet, algunos grupos de trabajo escogen más de un mercado para ampliar sus opciones, pero la mayoría de las veces esta decisión va en desmedro de los esfuerzos del equipo. Posterior a la elección, probablemente sea necesario volver a segmentar el mercado de manera más detallada, pues con la información levantada en el paso anterior pueden haber aparecido aspectos relevantes que no se consideraron en la primera segmentación. Así sería factible seleccionar un mercado aún más acotado en el que exista alguna problemática u oportunidad.

Para guiar el proceso descrito anteriormente, se les presenta a los lectores un ejemplo sencillo de segmentación y selección de un mercado para la producción de un plástico biodegradable usando bacterias (Tabla 21 y Figura 31).

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando el equipo de trabajo logra identificar y comprender una problemática, u oportunidad, en el mercado escogido, mediante el uso de uno o más instrumentos para el levantamiento de información: entrevistas, encuestas, grupos focales, observación, etc. Es decir, se debe lograr validar, al menos cualitativamente, la existencia de una problemática u oportunidad real que esté afectando a un conjunto de usuarios determinado.

Lecturas sugeridas

- R. Sampieri, C. Fernandez-Collado, P. Baptista. Metodología de la investigación. 4^a ed. México. McGraw-Hill. 2006. 850p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 1 y 2)

5.2.5 Etapa N°4 - Validar una propuesta de solución

Habiendo identificado claramente la existencia de una problemática u oportunidad en el mercado escogido por el equipo, este paso consiste en validar una propuesta de solución antes de invertir esfuerzo y financiamiento en el diseño e implementación del proyecto, pues en caso contrario se corre el riesgo de desarrollar una solución (producto o servicio) que eventualmente no sea de interés para nadie.

Esta etapa consta de varios pasos (Figura 36) que pueden ser englobados en 3 partes:

I. Generar una propuesta de solución: este paso consiste en concebir una idea preliminar de solución biotecnológica al problema, u oportunidad, identificado en la etapa anterior. Para esto el equipo deber partir revisando el estado del arte de cómo se resuelve hoy en día la problemática identificada, por ejemplo usando la plataforma INAPI (Instituto Nacional de Propiedad Industrial). Esta búsqueda permite entregar un contexto general del mercado y también permite evitar posibles conflictos de propiedad intelectual que puedan interferir el desarrollo del proyecto a futuro, sobre todo si el equipo piensa basar su modelo de negocios en una licencia tecnológica, pues es lo que tradicionalmente se realiza en el área biotecnológica. Además, en caso de ser estudiantes de la Universidad de Chile, se les recomienda leer el Reglamento de Innovación vigente de 2015, en caso de que el emprendimiento tenga alguna relación con alguno de los Proyectos de Investigación de la Universidad.

Posteriormente, el equipo debe estructurar su propia solución, discutiendo posibles ideas internamente, pero también se les sugiere ampliar la discusión a personas externas al equipo, por ejemplo profesores o compañeros, que pudieran entregar retroalimentación valiosa para la propuesta de solución. Se espera que esta propuesta de solución sea bastante general, es decir, sin ahondar en detalles técnicos, puesto que esto es parte de las próximas etapas. Teniendo armada una primera propuesta, se les propone realizar una primera evaluación de impactos de la eventual implementación del proyecto, pues es parte crucial de un proyecto mitigar al máximo los posibles efectos negativos que pudieran surgir. De hecho, si el balance de impactos es más negativo que positivo, el equipo debería reformular la propuesta, ya que no sería ético de su parte implementarla. Para esta tarea se sugiere un cuestionario básico de preguntas presente en la Tabla 24.

II. Estimar el tamaño potencial del mercado: habiendo concluido responsablemente el paso anterior, el equipo de trabajo debe tratar de estimar el tamaño potencial del mercado (TPM, en [USD/año]) usando la ecuación (5) del Anexo F.5. Para esto deben estimar la cantidad de usuarios que harían uso de la solución propuesta y la cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar por ella. Por esta razón se requiere de un segundo estudio de mercado que permita levantar información más detallada sobre las características particulares de los usuarios del mercado seleccionado. Se les sugiere a los equipos un cuestionario de preguntas que puede servir de guía para este estudio (Tabla 25).

Si el resultado del TPM se encuentra entre los 20 y 100 millones [USD/año], en general se considera que el mercado es lo suficientemente grande para desarrollar a futuro un emprendimiento sustentable. En otras palabras, este resultado valida que existen personas interesadas en comprar la solución. Si el TMP es menor, es un indicio de que no se ha identificado un mercado lo suficientemente grande, por lo que se debería reconsiderar el mercado escogido volviendo a etapas anteriores como muestra la Figura 36.

III. Definir el perfil del usuario objetivo: luego de validar un potencial mercado, el equipo debe usar la información recopilada en el segundo estudio para crear un perfil característico de su usuario objetivo, es decir, de la persona en particular que mejor represente a los usuarios del mercado estudiado.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando principalmente se logra validar, calculando el TPM, un mercado potencial suficientemente grande como para desarrollar un emprendimiento sustentable. Adicionalmente, se considera importante la creación del perfil de aquella persona que mejor representa a los usuarios del mercado seleccionado, pues facilita la focalización de las posteriores tareas del equipo.

Lecturas sugeridas

- Reglamento de Innovación de la Universidad de Chile (Decreto Exento N°009577). Santiago de Chile. 2015. 9p.
- Ricardo López. La creatividad. 2ª ed. Santiago de Chile. Editorial Universitaria. 2008. 128p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 3 al 5)

5.2.6 Etapa N°5 – Establecer el modelo de negocios

Esta parte de la guía corresponde a determinar el modelo de negocios que mejor se ajusta al emprendimiento. Debido a las características particulares de los proyectos en biotecnología, descritas en capítulos anteriores, se considera pertinente dividir esta etapa en dos fases temporales distintas, tal como se puede observar en la Figura 27.

Modelo de negocios, primera parte: esta fase está centrada en definir la propuesta de valor que se entregará al usuario/cliente, determinando el perfil y el ciclo de uso del producto asociado a la propuesta de solución. Se pretende que esto se logre mediante 3 pasos:

I. Definir el perfil del producto: el objetivo de esta etapa consiste en que el equipo de trabajo sea capaz de definir las especificaciones del producto y de realizar un primer bosquejo de la apariencia que tendría. Para ello es importante que resalten y expliquen claramente cuáles son los beneficios que obtiene el usuario por cada una de las características y funciones ofrecidas en el producto. La ventaja de crear este primer bosquejo gráfico, es que actúa como una herramienta de focalización de los esfuerzos del equipo; el objetivo se vuelve visual. Por otro lado, un bosquejo puede compartirse fácilmente con potenciales usuarios y/o clientes, quienes pueden explícitamente entregar retroalimentación muy valiosa sobre las fortalezas y debilidades de las especificaciones del producto, información con la que iterativamente debe mejorarse la propuesta a lo largo del emprendimiento, como postula Eric Ries. De esta manera, se logra un mejor entendimiento de qué es lo que requiere el usuario. No se pretende que en esta etapa el equipo construya un prototipo o una maqueta más sofisticada del producto, pues esto suele generar distracciones y costos innecesarios para el equipo.

II. Determinar el ciclo de uso: para este paso es necesario contar con el bosquejo y especificaciones del producto, que pueden ser plasmadas en un folleto. Con éste, el equipo debe determinar cuál es el ciclo completo de uso que tendría el producto ofrecido en la vida del usuario, es decir, obtener el mapa de rutas de cómo el usuario se comporta desde que se da cuenta de sus necesidades hasta que logra acceder a los productos. Para esta tarea, la empatía es clave, porque es importante que el equipo no vea el uso que tendría el producto desde sus propios ojos, sino que desde los ojos del usuario objetivo. En este contexto, las aproximaciones del método *design thinking* pueden ser de mucha utilidad, como también las preguntas sugeridas en la Tabla 26.

III. Definir y validar una propuesta de valor: usando lo definido anteriormente, a continuación el equipo debe explicitar qué es lo que gana el usuario/cliente al utilizar el producto ofrecido, tratando de cuantificar dicho valor. Para esto se sugiere realizar una comparación del valor (por ejemplo, cuánto mejor, cuánto más rápido o cuánto más barato) que actualmente obtiene el usuario por utilizar las alternativas existentes, versus el valor que se obtendría por utilizar el producto propuesto por el equipo.

Adicionalmente, en esta parte del proceso el equipo puede incluir la discusión de qué los vuelve diferentes de la competencia, es decir, determinar su sello, ya que puede influir en la propuesta de valor que se entrega. Por ejemplo, caracterizarse por poseer los precios más bajos, por la experiencia del usuario, por la propiedad intelectual (que usualmente caracteriza a los proyectos biotecnológicos), entre otras características. Si bien ésta puede no ser una tarea fácil, es importante que el sello esté alineado con los intereses del equipo, pues debe ser reforzado a medida que el proyecto crece.

Finalmente, se debe lograr validar esta propuesta de valor con 10 usuarios/clientes nuevos que se ajusten al perfil de usuario objetivo creado en la sección anterior, pues es un indicio de que el grupo va bien encaminado. De lo contrario, se debe regresar a los pasos anteriores para realizar las modificaciones respectivas. Así, el proceso se puede volver iterativo como muestra la Figura 37.

Hito de éxito de la primera parte

Esta etapa se considera concluida cuando, habiendo definido el perfil de producto y su ciclo de uso, el equipo logra establecer y validar, al menos con 10 personas, la propuesta de valor que el emprendimiento genera para los usuarios del mercado objetivo.

Lecturas sugeridas

- Bill Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 6 al 11)
- Eric Ries. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Crown Business. 2011. 336p.

Modelo de negocios, segunda parte: como se puede apreciar en la Figura 27, esta segunda parte debe ser ejecutada por los equipos a continuación de haber validado técnica y comercialmente el prototipo de su producto.

Esto les permite iniciar los procesos de protección intelectual de su tecnología ante INAPI, u otras oficinas de protección industrial, si así lo proyectó el equipo en la etapa N°4. Luego el equipo debe establecer qué estrategia de negocios implementar, dependiendo del camino que quieran seguir con el emprendimiento, pues tendrían la opción de:

Licenciar la tecnología: el equipo puede negociar con otras empresas los permisos para usar su tecnología a cambio de un pago. Como fue descrito en la sección de marco teórico, este es uno de los caminos que usualmente escogen las empresas centradas en I+D para rentabilizar la tecnología.

Vender la tecnología: es un camino más radical, pues consiste en traspasar los derechos de la tecnología a terceros de manera completa y permanente. No obstante, usualmente este tipo de negociaciones puede involucrar grandes sumas de dinero.

Implementar la tecnología: a diferencia de las opciones anteriores, en este caso es el mismo equipo de trabajo el que se hace cargo de implementar la tecnología para hacerla llegar al público. Si bien permite tener un mayor control de qué se produce, usualmente requiere nuevas inversiones de capital para la construcción de la infraestructura necesaria para poner en marcha, a gran escala, la tecnología.

Liberar: a diferencia de las otras alternativas, en este caso el equipo simplemente libera su tecnología, permitiendo que terceros puedan hacer uso de ella libremente, o con ciertas restricciones estipuladas por el equipo, por ejemplo, para uso no comercial. En este caso usualmente se encuentran otros tipos de licencia como las *Creative Commons* [108].

Como se presenta en la Figura 37, el equipo debe previamente iniciar los procesos de protección intelectual si desea rentabilizar su tecnología, pues de otra manera no existirán garantías, por ejemplo, si se pretende licenciar o vender la tecnología a otras empresas. Si bien para los otros dos casos también es recomendable realizar la protección intelectual, esto queda a criterios del equipo de trabajo dependiendo de la estrategia que deseen implementar a futuro en su emprendimiento. Por este motivo es muy recomendable conversarlo entre todo el equipo, pues la decisión debe ajustarse a los principios e interés de cada uno de ellos.

Luego, si el equipo decide licenciar, vender o implementar su tecnología, deben definir todos los otros aspectos estratégicos de relevancia para el modelo de negocios usando el método canvas diseñado por Alexander Osterwalder. La ventaja de este método es que permite describir de manera lógica, visual y sencilla la forma en que las organizaciones crean, entregan y capturan valor. Para ello, los equipos deben establecer los siguientes aspectos:

- **Segmentos de clientes:** definir claramente quién es la persona o entidad que eventualmente pagará por la solución.
- **Propuestas de valor:** definida en el Modelo de negocios parte N°1.
- **Canales:** determinar cómo se establece contacto con el cliente definido para ofrecer, vender y post-vender el producto.
- **Relación con el cliente:** definir qué tipo de relaciones se mantendrán con los clientes. Por ejemplo, relaciones cara a cara, por teléfono, vía email, entre otras.
- **Fuentes de ingresos:** determinar cómo se sustentará económicamente el emprendimiento, ya sea mediante ventas directas, comisiones, licenciamiento, postulación a concursos, etc.
- **Recursos clave:** definir cuáles son todos los recursos claves necesarios que permitirán entregar la propuesta de valor sin problemas al cliente
- **Actividades clave:** establecer cuáles son las tareas más importantes para lograr entregar la propuesta de valor al cliente.
- **Asociaciones clave:** definir cuáles serán aquellas alianzas organizacionales para que el emprendimiento funcione, ya sean proveedores, inversionistas, laboratorios, centros de investigación, universidades, entre otras.
- **Estructura de costos:** establecer cuáles serán los costos de la empresa para todas las actividades y recursos necesarios que permitan entregar la propuesta de valor al cliente. Junto a la fuente de ingresos, éste también es un elemento sumamente importante debido a la base científico-tecnológica de los proyectos biotecnológicos que requieren de grandes montos de capital.

Usualmente, el modelo definido depende fuertemente del tipo de proyecto que se trate, pues, por ejemplo, un modelo de negocios para la venta de productos de uso directo en humanos (como la venta de un nuevo fármaco sintetizado por bacterias) no será el mismo que para la venta de productos de uso indirecto (como la producción de un plástico biodegradable). Por este motivo, se les aconseja a los equipos, dentro de lo posible, revisar y estudiar qué modelos de negocios han establecido otras empresas del mismo rubro, puesto que esta información les puede servir de orientación.

Hito de éxito de la segunda parte

Esta etapa se considera concluida cuando el equipo tiene claridad de qué camino tomará su emprendimiento: licenciar, vender, implementar o liberar, para luego finalizar de establecer el modelo de negocios del emprendimiento usando el método canvas.

Lecturas sugeridas

- Bill Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 12,13, 15 al 19)
- Innovacion.cl. Metodología Canvas, una forma de agregar valor a sus ideas de negocios. [en línea] <<http://www.innovacion.cl/reportaje/metodologia-canvas-la-nueva-forma-de-agregar-valor>> [Consulta 02-12-2016]

5.2.7 Etapa N°6 - Diseñar el proyecto

Esta parte del proceso corresponde al diseño técnico de la propuesta de solución generada anteriormente. Por esta razón, es de suma importancia que los equipos hayan terminado las secciones anteriores a conciencia, puesto que de lo contrario corren el riesgo de que el producto o servicio a diseñar no cumpla con las expectativas del usuario.

Como se aprecia en la Figura 37, esta etapa consta de varios pasos particulares que se engloban en 3 partes principales:

I. Diseñar técnicamente el proyecto: se basa en las especificaciones del producto y en la propuesta de valor generada en la etapa N°5, pues los equipos deben traducir esto a componentes biológicos. Para lograrlo, primero deberían determinar un diagrama de los estímulos, respuestas y organismos que requiere su sistema, tal como se acostumbra en el diseño de biología sintética, (por ejemplo, que una bacteria produzca un plástico biodegradable sólo si el pH del medio se encuentra sobre cierto rango). Luego sobre este diagrama, los equipos deben determinar las partes (*Biobricks*) necesarias para diseñar el circuito genético preliminar que procesaría la información del sistema biológico. En caso de que el circuito genético sea complejo, el equipo debe complementar el diseño aprovechando el uso de herramientas informáticas para modelar y simular el comportamiento biológico del sistema. Esta etapa es característica de los proyectos de biología sintética, dado que permite realizar predicciones de cómo funcionaría el sistema dependiendo de la combinación de *Biobricks* seleccionados.

Este trabajo requiere de una constante revisión bibliográfica para poder seleccionar las partes adecuadas desde el Repositorio de Partes Biológicas Estandarizadas, o de otros lugares en caso de no encontrarse en esa plataforma. Asimismo, para el modelo matemático es útil buscar parámetros cinéticos de sistemas parecidos al que se busca diseñar, para obtener una simulación más robusta y cercana a la realidad. De esta manera, el diseño del sistema biológico se vuelve un proceso iterativo como se aprecia en la Figura 37, pues requiere volver a los pasos iniciales para poder refinar el diseño.

II. Evaluar impactos: una vez concluido este diseño, los equipos manejarán la mayoría de los conceptos técnicos de su sistema y tendrán nociones de cómo funcionaría. Por este motivo, se considera pertinente que realicen una segunda evaluación de impactos antes de continuar al próximo paso, pues si bien ya se realizó una primera evaluación en la etapa N°4, en ese momento no se contaba con la información técnica del sistema, que eventualmente podría conllevar impactos negativos por la combinación de *Biobricks* escogidos. Por ejemplo, podría darse el caso de que el equipo necesite integrar partes genéticas que expresan toxinas o componentes que puedan tener un impacto en el ambiente o en las mismas personas que manipularán el producto, por lo que éste sería el momento para discutir tales efectos y volver a pensar el diseño en caso de que estos efectos sean mayoritariamente negativos.

III. Diseñar la estrategia experimental: consiste en planificar las etapas experimentales necesarias para lograr la construcción genética diseñada en el paso anterior, es decir, establecer una carta Gantt de la metodología de ensamblaje, ya que esto ayudaría a identificar actividades, responsables y plazos necesarios para obtener cada uno de los

resultados dentro del proyecto. Para esto se les sugiere hacer uso de algunas plataformas que contienen información útil de los protocolos y materiales que usualmente se usan en biología sintética, como el Repositorio de iGEM o la plataforma OpenWetWare.

Finalmente, como tendrán noción de cuáles serían los experimentos necesarios, se les sugiere a los equipos realizar el respectivo presupuesto con ayuda de la carta Gantt establecida, ya que será de utilidad al momento de definir las estrategias de financiamiento de la etapa N°7.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando se logra un diseño integral del proyecto, esto es, logrando la definición del circuito genético que controlaría la función biológica del sistema (producto o servicio) y de su evaluación de impactos. Sumado a lo anterior, los equipos deberían determinar la estrategia experimental de implementación (carta Gantt), pues es un requisito antes de comenzar a prototipar en el laboratorio y a la búsqueda de fondos para costear los gastos asociados al prototipaje.

Lecturas sugeridas

- Repositorio de Partes Biológicas Estandarizadas. [en línea] <http://parts.igem.org/Main_Page> [Última visita 30/10/2016]
- J. Brophy, C. Voigt. Principles of genetic circuit design. Nature methods. 11(59): 508-520. 2014.
- Brian Ingalls. Mathematical Modelling in Systems Biology: An Introduction. Universidad de Waterloo. 2012. 396p
- R. Kelwick, J. MacDonald, A. Webb. Developments in the tools and methodologies of synthetic biology. Frontiers in bioengineering and biotechnology. 2(60):1-23p.

5.2.8 Etapa N°7 - Buscar recursos

Los proyectos de biotecnología se caracterizan por requerir tiempos largos de ejecución. Consecuentemente se necesita contar con grandes sumas de inversión para llevar a cabo completamente un emprendimiento. Por esto, una vez definido el diseño teórico del proyecto, los equipos deberían comenzar a establecer la estrategia de financiamiento de su proyecto para lograr obtener los recursos necesarios: reactivos, fungibles y equipamiento específico, que les permitan comenzar la validación experimental de su circuito genético diseñado. Por ejemplo, su estrategia podría ser utilizar fondos públicos, fondos privados o tratar de postular a todas las opciones de financiamiento disponibles. Es importante que esta estrategia esté alineada con los objetivos y principios del equipo.

De la mano con lo anterior, el equipo debería comenzar a catastrar todas las oportunidades de financiamiento que se ajusten a la estrategia establecida, además de conseguir un lugar de trabajo apropiado para llevar a cabo los experimentos, es decir, buscar un laboratorio, pues esto podría servir como antecedente positivo para el proceso de búsqueda de financiamiento.

Luego, el equipo debería postular a las opciones definidas, ya sea llenando los formularios respectivos, si se trata de fondos públicos, coordinando reuniones con potenciales inversionistas, realizando campañas de *crowdfunding* para un financiamiento colectivo, o incluso recaudando capital propio que puede provenir de amigos y/o familiares. Por esta misma razón, para esta parte del proceso se les sugiere preparar una presentación en formato *pitch*, pues es una manera breve de comunicar el proyecto ante posibles inversionistas u otros actores del sistema. Si bien esta parte del proceso pareciera ser sencilla, no es inmediato lograr obtener financiamiento, así que constantemente se debe revisar la estrategia definida, tal como lo muestra la Figura 37.

Una vez conseguido el financiamiento, el equipo debería proceder con la formalización legal de la organización, por ejemplo, registrándose oficialmente como empresa, ya que esto les permitiría gestionar con mayor claridad el uso de los dineros y las eventuales retribuciones que se puedan obtener si el proyecto resulta ser exitoso. De esta manera, se podrán evitar posibles conflictos internos a futuro. Para este proceso es especialmente aconsejable la participación de un abogado. Adicionalmente, el equipo debería proceder con la compra de los reactivos, equipamiento, componentes genéticos y el resto de los elementos necesarios para continuar con la implementación experimental, al menos para las primeras etapas definidas en la carta Gantt.

Hito de éxito

Básicamente, esta etapa se cumple cuando el equipo logra reunir el financiamiento necesario que les permita poder iniciar la próxima etapa de prototipaje y cuando legalmente formalizan su organización.

Lecturas sugeridas

- Academia ASECH. Manual de financiamiento para emprendedores. Santiago de Chile. 2014. 46p.
- Carmine Gallo. Presentation Secrets of Steve Jobs. McGraw-Hill. 2010. 238p.

5.2.9 Etapa N°8 - Prototipar

Una vez conseguido el espacio de trabajo y todos los elementos necesarios para llevarlo a cabo, en esta etapa se lleva a la práctica todo lo diseñado anteriormente, pues los equipos deben validar técnicamente el proyecto, es decir, comprobar que el producto realiza la función para lo cual fue diseñado, generando un producto mínimo viable. Por otro lado, habiendo realizado la validación técnica, también es importante que los equipos puedan realizar una validación comercial del producto, en el sentido de verificar que la función del producto realmente vaya a satisfacer la necesidad del usuario. Pese a que en las primeras etapas se realizan varios estudios para validar el mercado, es en esta etapa donde se valida completamente en la práctica, pues se tendrá una representación física del producto y ya no sólo un simple folleto, con la que se puede salir a buscar retroalimentación de los resultados para validar o descartar suposiciones que aún tenga el equipo, tal como postula Eric Ries.

Si bien en la Figura 37 se aprecia que esta etapa contiene un menor número de pasos que las demás, esta es la etapa que mayor duración posee (Figura 27), principalmente debido a la complejidad intrínseca de los proyectos de biotecnología. Se requiere de mucho trabajo

experimental en el laboratorio para efectivamente lograr el ensamblaje del circuito genético diseñado, por lo que también es muy relevante considerar las condiciones de bioseguridad respectivas para el manejo de organismos y componentes genéticos. No obstante, si los equipos realizaron un buen diseño del proyecto y de la estrategia experimental basándose en las herramientas de biología sintética, los tiempos de desarrollo podrían reducirse considerablemente en comparación al uso de métodos tradicionales de ingeniería genética, y más aún si el equipo trabaja de manera *lean*.

Esta es una etapa muy gravitante para los proyectos de biotecnología, pues la implementación práctica del diseño de la tecnología permite reducir la incertidumbre o riesgo asociado a la propuesta de solución, lo que eventualmente puede llamar la atención de otros actores, como nuevos inversionistas.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando los equipos logran implementar técnicamente y validar comercialmente la propuesta de solución que diseñaron en las etapas anteriores.

Lecturas sugeridas

- CONICYT. Manual de normas de bioseguridad. 2ª ed. Santiago de Chile. 2008. 139p.
- Eric Ries. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Crown Business. 2011. 336p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprendedor. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 20 al 23)

5.2.10 Etapa N°9 – Continuar el viaje

Al llegar a este punto, el equipo debería contar con un producto mínimo viable validado tanto técnica como comercialmente, además de haber concluido la segunda parte del modelo de negocios del emprendimiento, en el que deberían haber escogido si licenciar, vender, implementar o liberar su tecnología.

Si bien este no es el final del emprendimiento, contar con un prototipo funcional y validado, abre nuevas oportunidades para los equipos. El cómo proseguir depende en gran medida de los intereses y estrategias que haya establecido cada grupo, puesto que el resto de los pasos para licenciar la tecnología a terceros, no son los mismos que dedicarse a implementar la tecnología o a venderla. No obstante, por los alcances de esta memoria de título, la metodología diseñada no los abordará, pero se les menciona a los equipos a grandes rasgos qué les espera de aquí en adelante.

Hito de éxito

Sencillamente, esta etapa final se concluye cuando los equipos leen las recomendaciones entregadas e inician la discusión de cómo proseguir en adelante.

Lecturas sugeridas

- DEFEM-ASECH. Manual de Defensa del Emprendedor. Santiago, Chile. 2015. 86p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprendedor. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 14 y 24)

6 DISCUSIÓN GENERAL

6.1 Proceso de confección de la guía orientativa

Realizando un análisis crítico de la metodología (sección 3) usada en este trabajo de título para la construcción de la guía orientativa, se puede concluir que fue de utilidad plantear una adaptación del método de Eric Ries, en el sentido de primeramente diseñar una propuesta preliminar de la guía y sobre ella obtener retroalimentación. Si bien esta primera versión se utilizó principalmente en las entrevistas con los expertos externos al DIQBT, también sirvió para obtener comentarios y sugerencias de otros actores, como compañeros o algunos profesores. Con esta información se modificaron algunas de las etapas planteadas en un inicio y, además, se incorporó una sección de hitos de éxito para explícitamente mencionar los objetivos que se deben lograr en una etapa antes de continuar a la siguiente, como se puede apreciar visualmente en la ruta de pasos de la Figura 36 y Figura 37. No obstante, se habría logrado una propuesta final más refinada si se hubiese alcanzado a realizar más iteraciones sobre la propuesta de la guía con otros actores de interés, como por ejemplo inversionistas de proyectos biotecnológicos o con personas del Estado de Chile encargados de las políticas que promueven la biotecnología.

Sumado a lo anterior, pese a que esta versión final ha incorporado la retroalimentación pertinente de personas con mayor experiencia, su validación real queda pendiente. Esta validación de la coherencia y descripción de las etapas se podrá lograr solamente cuando un conjunto de estudiante efectivamente haga uso de la metodología propuesta para tratar de llevar a cabo un emprendimiento de biotecnología. No obstante, es un proceso que podría tardar más de un año, por lo tanto escapó de los alcances de este trabajo.

6.2 Etapas de la guía orientativa

La propuesta abarca varias etapas del proceso de generación de un emprendimiento, donde varias son comparables a las contenidas en el diagrama proporcionado por R2B Catalyst (Anexo E). No obstante, las etapas presentadas en este trabajo son explicadas de manera general, sin profundizar tanto en los detalles operativos de cada etapa. La razón de esto es que, si bien las primeras etapas son similares para todos los proyectos, a medida que se avanza en el proceso los proyectos se van diferenciando, requiriendo de estrategias particulares propias al tema del proyecto. Por ejemplo, si el proyecto utiliza células animales en el proyecto, a partir de cierto punto no es comparable con otro proyecto que usa bacterias. Tampoco es lo mismo idear un modelo de negocios para un fármaco de uso en humanos, que un modelo de negocios para la producción de un plástico biodegradable. Así, esta guía no contempla explícitamente esas diferencias, dejando a los equipos de trabajo la tarea de interiorizarse de los detalles necesarios para la ejecución de sus emprendimientos. Sin embargo, se les provee una sección de lecturas sugeridas para que puedan profundizar algunos puntos.

Si bien esta falta de información podría provocar que alguno de los lectores no entienda completamente cómo ejecutar cada etapa, la guía propuesta les entrega una ruta general que los orienta sobre los pasos principales necesarios para emprender. Además, al ser genérica, puede servir de orientación para proyectos de distintas temáticas biotecnológicas que incluyan diseño y manipulación genética de organismos.

Asimismo, pese a que su planteamiento está dirigido a estudiantes, muy probablemente la guía pueda servirles a otros actores que requieren de orientación para emprender en biotecnología. Es más, las primeras 4 etapas podrían ser útiles para proyectos de otras áreas, pues su concepción es bastante genérica.

Por otro lado, se trató de incorporar el aspecto temporal del proceso en la Figura 27, representando la duración de las etapas con franjas verdes de distintos tamaños. Sin embargo, es solo una estimación preliminar y cualitativa, con la que se puede decir que la etapa N°8 de prototipaje es la que mayor tiempo toma en comparación a las demás. Cabe destacar de todas formas, que hay etapas que pueden tener una duración variable, como por ejemplo la búsqueda de recursos: eventualmente podría ser factible que el equipo logre completar la etapa en un mes, pero también podría demorar varios meses e incluso más de un año si nadie se interesa por la propuesta. Otra debilidad de la guía es que no contempla la presentación y análisis de casos exitosos de proyectos de biotecnología basados en el uso de la biología sintética, pues si bien existen algunas iniciativas en el país, éstas aún son recientes. En reemplazo, se escogió incluir para algunas etapas, pequeños ejemplos ilustrativos de cómo ejecutar las tareas más relevantes. Sin embargo, podría ser adecuado incorporar nuevos casos. Por ejemplo, podría incluirse casos de los mismos estudiantes que vayan realizando proyectos basados en esta metodología propuesta.

6.3 Aplicación de la guía orientativa

Particularizando su aplicación a estudiantes de la FCFM, se tiene la ventaja de que la guía incorpora el uso de la biología sintética para el diseño genético de los proyectos, es decir, incluye toda una base ingenieril y de modelamiento matemático con la que los estudiantes de la Facultad ya están familiarizados. Si bien existirán elementos que son propios del área biotecnológica que probablemente sólo los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología podrán comprender, los principios de estandarización, modularidad y abstracción buscan hacer más simple el entendimiento de estos elementos, permitiendo que la comunicación pueda ser posible, de manera más sencilla, entre estudiantes de distintas disciplinas. Así, el foco de un proyecto de biología sintética está puesto en diseñar cómo combinar y utilizar funciones genéticas para crear distintas aplicaciones de interés, más que en dedicarse a estudiar y caracterizar cómo funciona molecularmente cada componente. De cierta manera, así lo demuestra la participación del grupo OpenBio UChile durante la competencia iGEM del 2015, pues estuvieron conformados por un equipo multidisciplinario.

Por otro lado, los estudiantes están en un entorno académico relativamente protegido, en el sentido de que tienen el respaldo de la Facultad, y tienen acceso a distintos recursos como libros, artículos científicos, compañeros, académicos y espacios de estudio. Con estos elementos, los estudiantes podrían ser capaces de aplicar la metodología propuesta para iniciar un emprendimiento y llegar al menos hasta el final de la etapa N°6, pues principalmente se requiere trabajo en terreno y de oficina. Sin embargo, para las etapas N°7, 8 y 9 se requiere de otras herramientas que quizás no son tan fáciles de acceder para un alumno, como por ejemplo grandes sumas de financiamiento y/o acceso a laboratorios que posean el equipamiento necesario para prototipar experimentalmente sus proyectos. No obstante, en el marco del Proyecto

2030, los estudiantes ahora cuentan con el ecosistema OpenBeauchef que podría actuar como un gran soporte para las últimas etapas del emprendimiento biotecnológico. Incluso, puede apoyar las primeras etapas, ya que posee espacios de trabajo colaborativo y puede ayudar a los equipos a realizar conexiones con otros actores que sean de utilidad para el proyecto. Adicionalmente, en la Facultad existe el Centro de Biotecnología y Bioingeniería que ha mostrado interés en alinearse con los objetivos del Proyecto 2030, así que podría ser un actor clave para los estudiantes que emprendan, pues eventualmente podrían llegar a acuerdos con el Centro para hacer uso de sus laboratorios. De esta manera, podrían generarse sinergias beneficiosas entre estudiantes y distintos actores de la Facultad, y de otras, tal como ocurre en otras universidades reconocidas por su capacidad para fomentar el trabajo colaborativo entre estudiantes y académicos [57].

6.3.1 Aplicación de la guía orientativa en el marco del DIQBT

Respecto a la caracterización de la situación actual del DIQBT en torno a la participación estudiantil, ésta se considera como un primer estudio exploratorio de estas temáticas en el Departamento, puesto que no se había realizado antes. Si bien se encontraron puntos comunes entre los actores consultados (sección 5.1.4), varios aspectos quedan abiertos a futuros estudios que permitan profundizar la información.

Uno de los aspectos que se destaca del estudio fue determinar que en el DIQBT existe la disposición de incluir las temáticas de innovación y emprendimiento en sus alumnos, y al parecer se estaría consciente de la importancia que posee para la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología. No obstante, no se aprecia que se estén tomando todas las medidas posibles para propiciar y facilitar la participación extra-académica de estudiantes, aun cuando se considera como una gran oportunidad de aprendizaje para ellos.

De esta manera, la propuesta de esta memoria de título, podría representar una oportunidad para el DIQBT para mejorar el insuficiente desarrollo de la creatividad e innovación en los cursos de la especialidad y también la insuficiente vinculación con el medio externo, falencias reconocidas en el último Informe de Autoevaluación para la Acreditación de la carrera del 2014 [48]. En esta línea, el Departamento podría tratar de diseñar los mecanismos que permitan generar sinergias entre estudiantes y profesores, aprovechando el grado de madurez y de perseverancia que poseen los estudiantes que ingresan al DIQBT, como identificó uno de los entrevistados. Si bien debería profundizarse el estudio sobre este punto, puede que los estudiantes tengan un cierto perfil que se ajuste al de un innovador y/o emprendedor.

Dentro de estas posibles sinergias, hay que tener en cuenta el factor tiempo, porque, como se encontró en el estudio es la mayor limitante de los estudiantes, lo que podría perjudicar el uso efectivo de la guía propuesta. Por este motivo, pese a que existirán estudiantes que usen la guía de manera independiente en su horario extra-académico, el DIQBT podría hacerse cargo de propiciar las condiciones que favorezcan el proceso, como sugirieron algunos de los profesores entrevistados en la sección 5.1.1.

Es interesante la apertura a la posibilidad de integrar la innovación y emprendimiento como un camino formativo alternativo para los estudiantes. Si bien es un proceso que

podría tomar mucho tiempo por las conversaciones requeridas a nivel departamental, el DIQBT podría llevar a cabo algunas pruebas piloto que permitan recabar información de los estudiantes que están interesados en emprender para alimentar la discusión.

Una primera estrategia preliminar, podría ser el diseño de un programa de emprendimientos en biotecnología que se basen en la aplicación de la metodología propuesta en este trabajo. Para ello deberían considerarse tareas como:

- Establecer bases del programa
- Hacer llamado abierto a estudiantes que quieran ser parte del proceso
- Seleccionar grupo de estudiantes
- Hacer un seguimiento del trabajo de los estudiantes

Cabe destacar que estas tareas incluyen varios detalles que habría que definir. Por ejemplo, se podría concretar una colaboración con el OpenLab, se podría evaluar la pertinencia de entregar UD's (unidades docentes) a los estudiantes que participen, se debería evaluar cuáles son los recursos mínimos necesarios para llevar a cabo el programa, definir una carta Gantt del proceso, etc. Sin embargo, el diseño de este programa abarcaría un nuevo trabajo completo. Una de las ventajas de que el DIQBT pueda realizar este seguimiento de los estudiantes, es que se podría obtener retroalimentación directa de la estructura de la guía planteada en este trabajo, lo que a futuro permitiría validarla, modificarla y mejorarla continuamente.

Una segunda alternativa de implementación, podría ser la incorporación de este trabajo dentro de la metodología de aprendizaje del curso BT5423-Biología Sintética, pues podría reforzar los objetivos definidos por el curso. No obstante, se requeriría más de un semestre para ejecutar todos los pasos plateados. Por esta razón, podría evaluarse la alternativa de extender el curso a dos semestres, donde en el primer semestre se abarquen las primeras etapas de trabajo que permitan la identificación de una problemática real del país y el diseño de una propuesta de solución desde un enfoque biotecnológico (es decir, de las etapas N°1 a N°6). Luego, en el segundo semestre, los equipos formados podrían dedicarse sólo a la implementación experimental de su proyecto (etapa N°8), pues sería un proceso que puede tomar varios meses. Si bien también podrían ser capaces de ejecutar la etapa N°7 de búsqueda de recursos, la duración de esta etapa podría escaparse de los alcances académicos de un curso. Esto implicaría que habría que contar anticipadamente con los recursos necesarios para que los estudiantes puedan implementar los proyectos en este segundo semestre.

Finalmente, si bien la biología sintética está ganando mayor reconocimiento a nivel mundial, aún se encuentra en etapas incipientes de desarrollo. Por esta razón, se considera pertinente que los estudiantes vayan involucrándose con las herramientas que provee esta área, pues su concepción se basa en simplificar y acelerar los desarrollos biotecnológicos. Así, podría convertirse en una herramienta fundamental para los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología del DIQBT. Si bien la carrera está actualmente orientada al diseño de procesos productivos, la biología sintética podría permitir manejar los conceptos de diseño y regulación genética de sistemas biológicos complejos, que eventualmente podría ser un complemento tremendamente útil para el diseño de los procesos productivos asociados.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método de trabajo planteado para este estudio permitió elaborar una metodología (guía) de 9 pasos orientativos para el desarrollo de emprendimientos de biotecnología, basado en elementos característicos de un proyecto biotecnológico: tiempos de ejecución, manejo de conocimiento técnico, requerimientos de laboratorio de trabajo y grandes sumas de financiamiento.

Las etapas diseñadas corresponden a: 1) Comenzar el viaje, 2) Formar un equipo de trabajo, 3) Identificar una problemática, 4) Validar una propuesta de solución, 5) Establecer el modelo de negocios, 6) Diseñar el proyecto, 7) Buscar recursos, 8) Prototipar y 9) Continuar el viaje. Para cada etapa se definió un hito de éxito que permite dar nociones de cuándo es posible avanzar a la siguiente etapa. También se incluyen lecturas sugeridas para complementar el proceso. Asimismo, se crearon dos diagramas visuales que facilitan el entendimiento de los pasos propuestos: uno incluye las etapas generales en formato carta Gantt, y el otro detalla el camino de cada una aproximándose a un algoritmo de decisión.

Adicionalmente, si bien la metodología propuesta no integra todas las herramientas de biología sintética que existen actualmente, se entregan en la etapa N°6 los pasos básicos que permitan guiar el diseño de un sistema biológico: determinación de estímulos, respuestas y organismos, definición del circuito de regulación genética y modelamiento matemático. Desde el exterior, se valora el enfoque ingenieril que posee la biología sintética, ya que permite diseñar anticipadamente los experimentos necesarios para fabricar sistemas biológicos, traducándose en menores tiempos y costos de implementación. En este sentido, se muestra que la aplicación de la biología sintética en una facultad de ingeniería es sumamente pertinente.

Estas etapas permiten a grandes rasgos conocer el proceso de generación de emprendimientos que tengan como estrategia la modificación genética de organismos para diseñar soluciones biotecnológicas a problemáticas que estén afectando a la comunidad. Para un contexto universitario, la guía podría ser completada hasta la etapa N°6, mientras que las etapas N°7, 8 y 9 requieren de otras herramientas que no son de tan fácil acceso para un alumno.

Si bien la guía pretendía tener un enfoque estudiantil en el contexto de la FCFM, ésta tiene el potencial de ser aplicada en otros contextos, así como también por otras personas que no necesariamente sean estudiantes y que quieran conocer el proceso básico de un emprendimiento en biotecnología.

Por otro lado, se realizó un primer estudio exploratorio de la situación actual del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología (DIQBT) en torno a la participación estudiantil, desde el punto de vista de académicos y de los propios estudiantes. Si bien no se completó una caracterización total, entre los resultados se destaca:

- La disposición de los profesores entrevistados a considerar como posibilidad la integración de la innovación y emprendimiento como un camino formativo

alternativo para el DIQBT, sobre todo en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología por ser una disciplina que posee una industria relativamente pequeña en el país.

- La motivación de los estudiantes del Departamento por participar en proyectos extra-académicos durante su paso por la universidad, aun cuando la falta de tiempo se presenta como una gran limitante. Además, si bien existen estudiantes que participan específicamente en proyectos de biotecnología, el número es reducido (solo 10 estudiantes identificados), pero incorporan estudiantes de otras disciplinas.
- El Departamento no influye directamente en el proceso de participación de los estudiantes, dejando todo sujeto a la disposición y voluntad personal de los profesores.

En general, la mayoría de los actores consultados durante el proceso de elaboración de la propuesta valoran la existencia de una guía orientativa para desarrollar proyectos de biotecnología.

La propuesta de esta memoria de título, representa una oportunidad para el DIQBT para fomentar el emprendimiento biotecnológico en sus estudiantes. Se recomienda como una primera estrategia, el diseño de un concurso de emprendimientos en biotecnología que se base en la aplicación de la metodología propuesta en este trabajo. Además de favorecer la participación, esta estrategia permitiría obtener retroalimentación directa que a futuro permita mejorar la guía de pasos continuamente.

Como segunda estrategia de implementación, se recomienda la incorporación de esta metodología en el curso electivo BT5423-Biología Sintética en dos semestres. En el primero abarcar las etapas N°1 a la 6, mientras que en un segundo semestre, abarcar la etapa N°8. La etapa N°7 y 9, quedarían fuera del proceso por los alcances académicos que priorice el curso.

Finalmente, existen puntos que pueden ser objeto de mejoramiento o trabajo futuro, entre los que se destaca:

- Profundizar el estudio de caracterización del emprendimiento y la innovación en el DIQBT a futuro, ya que quedaron varios temas abiertos que no fueron tratados en esta memoria.
- Refinar la estimación de los tiempos que demoraría cada etapa en ser ejecutada para tener una aproximación más cuantitativa que cualitativa.
- Incorporar casos de éxito de emprendimientos que hayan utilizado herramientas de biología sintética, idealmente que se encuentren en el contexto chileno o que involucren estudiantes de ingeniería en biotecnología.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] IMAGINACHILE. Año de la Innovación: Innovación en Chile y desafíos para ser una economía del conocimiento. 2013.
- [2] PATRICIO CORTÉS. 2008. Emprendimiento e innovación en Chile: una tarea pendiente. Ediciones. 215 p.
- [3] OECD. Science, Technology and Innovation in the New Economy. 2000
- [4] BIOTECHNOLOGY INNOVATION ORGANIZATION. What is Biotechnology? [en línea]. <<https://www.bio.org/articles/what-biotechnology>> [consulta: 5 marzo 2016].
- [5] OECD AND ROYAL SOCIETY. Symposium on Opportunities and Challenges in the Emerging Field of Synthetic Biology: Synthesis Report. 2010.
- [6] WORLD HEALTH ORGANIZATION. 10 facts on malaria [en línea]. <<http://www.who.int/features/factfiles/malaria/en/>> [consulta: 6 diciembre 2016].
- [7] Un avance en biología sintética impulsa la segunda revolución industrial [en línea]. <http://www.tendencias21.net/Un-avance-en-biologia-sintetica-impulsa-la-segunda-revolucion-industrial_a14936.html> [consulta: 22 agosto 2015].
- [8] “La Biología sintética nos permite tratar la biología como un ambiente programable y perseguir usos específicos” [en línea]. <<http://www.uai.cl/facultades/designlab/nuestra-escuela/noticias/la-biologia-sintetica-nos-permite-tratar-la-biologia-como-un-ambiente-programable-y-perseguir-usos-especificos>> [consulta: 4 septiembre 2015].
- [9] PURNICK, Priscilla E. M. y WEISS, Ron. 2009. The second wave of synthetic biology: from modules to systems. Nature Reviews Molecular Cell Biology 10(6): 410–422.
- [10] VAN DOREN, Davy et al. 2013. The development of synthetic biology: a patent analysis. Systems and synthetic biology. 7: 209–220.
- [11] BCC RESEARCH. Synthetic Biology: Global Markets [en línea]. <<http://www.bccresearch.com/market-research/biotechnology/synthetic-biology-bio066c.html>> 2013 [consulta: 18 diciembre 2015].
- [12] CQ RESEARCHER. 2014. Synthetic Biology: CQR. 24(16): 361–384.
- [13] These Synthetic Biology Companies Have Raised Half a Billion Dollars in 2015 - SynBioBeta [en línea]. <<http://synbiobeta.com/news/these-synthetic-biology-companies-have-raised-half-a-billion-dollars-in-2015/>> [consulta: 11 septiembre 2015].
- [14] Editas Medicine [en línea]. <<http://www.editasmedicine.com/>>.
- [15] iGEM - Synthetic Biology [en línea]. <http://igem.org/Main_Page> [consulta: 22 agosto 2015].
- [16] DASILVA, Edgar J. The Colours of Biotechnology: Science, Development and Humankind. [en línea]. <<http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/1114/1496>> [consulta: 04 diciembre 2016].
- [17] CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD. 2013. Surfeando hacia el Futuro. Chile en el Horizonte 2025. 136 p.
- [18] SANDER, Jeffry D y JOUNG, J Keith. 2014. CRISPR-Cas systems for editing, regulating and targeting genomes. Nature biotechnology. 32(4): 347–55.
- [19] REARDON, Sara. 2016. First CRISPR clinical trial gets green light from US panel. [en línea]. <<http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nature.2016.20137>> [consulta 04 diciembre 2016]
- [20] DÍAZ, Cristóbal. Caracterización de entidades biotecnológicas con enfoque en

- exportaciones. ProChile. 2016.
- [21] MCKELVEY, Maureen y NIOSI, Jorge. 2015. Innovation Cascades and the Emergence of the Bio-Economy. 545–550.
- [22] RUSSO, Eugene. sin fecha. Special Report: The birth of biotechnology. Nature. 421(6921): 456–457.
- [23] HERNÁNDEZ-CUEVAS, Cristián. Algunos datos sobre la industria biotecnológica en Chile [en línea]. <<https://latingene.wordpress.com/2010/11/26/algunos-datos-sobre-la-industria-biotecnologica-en-chile/>> [consulta: 6 diciembre 2015].
- [24] FEDERICI, Fernán et al. 2013. Synthetic Biology: opportunities for Chilean bioindustry and education. Biological research. 46(4): 383–93.
- [25] ISAACSON, Walter. 2014. Los Innovadores: los genios que inventaron el futuro [en línea]. 640 p.
- [26] EDUARDO BITRÁN. 2016. Innovación y resiliencia. En: V Congreso del Futuro.
- [27] CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD. Hacia Una Estrategia Nacional De Innovación Para La Competitividad - Volumen I. 2007.
- [28] CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD. Hacia Una Estrategia Nacional De Innovación Para La Competitividad - Volumen II. 2008.
- [29] CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD. 2010. Agenda de innovación y competitividad 2010-2020. : 1–134.
- [30] GOBIERNO DE CHILE. Ministerio de Ciencia y Tecnología: Los aspectos clave del Proyecto de Ley [en línea]. <<http://www.gob.cl/2016/01/18/ministerio-de-ciencia-y-tecnologia-los-aspectos-clave-del-proyecto-de-ley/>> [consulta: 23 mayo 2016].
- [31] COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA. Informe al Presidente de la República. 2003.
- [32] BIOTECHNOLOGIES, Interlink. 2008. Biotechnology assessment and strategic recommendations.
- [33] GUAÑA, Gabriela. 2011. Biotecnología como factor de desarrollo económico en Chile Marco general chileno y revisión de casos. (Memoria para optar al título de Ingeniería Comercial). Santiago, Chile. Universidad de Chile. 105 p.
- [34] Asociación Chilena de Empresas de Biotecnología [en línea]. <asembio.cl>.
- [35] CAZAUX, Séverine. 2016. Concepción, diseño e implementación de un represilador biológico electrónico e informático como material pedagógico para difundir la biología sintética en instituciones educacionales. (Memoria para optar al título de Ingeniería civil en Biotecnología) Santiago, Chile. Universidad de Chile. 108 p.
- [36] Kaitek Labs [en línea]. <<http://www.kaiteklabs.com/>> [consulta: 4 abril 2016].
- [37] Novalact [en línea]. <<http://novalact.com/>>.
- [38] Universidad Mayor se adjudica fondos para promoción de la biología sintética en Chile [en línea]. <http://www.umayor.cl/diariomayor/v2/index.php?option=com_content&view=article&id=2361:universidad-mayor-se-adjudica-fondos-para-promocion-de-la-biologia-sintetica-en-chile&catid=24:genomica>.
- [39] Equipo UC Chile iGEM 2012 [en línea]. <http://2012.igem.org/Team:UC_Chile> [consulta: 18 diciembre 2015].
- [40] Equipo UC Chile iGEM 2013 [en línea]. <http://2013.igem.org/Team:UC_Chile>

- [consulta: 18 diciembre 2015].
- [41] Equipo UMayor-Chile iGEM 2014 [en línea]. <<http://2014.igem.org/Team:UMayor-Chile>> [consulta: 18 diciembre 2015].
- [42] Equipo UChile-OpenBio iGEM 2015 [en línea]. <<http://2015.igem.org/Team:UChile-OpenBio>> [consulta: 11 octubre 2015].
- [43] Equipo San_Andres iGEM 2015 [en línea]. <http://2015.igem.org/Team:San_Andres>.
- [44] Equipo Colegio EmelinaU iGEM 2015 [en línea]. <http://2015.igem.org/Team:Colegio_EmelinaU> [consulta: 19 diciembre 2015].
- [45] Equipo Liceo Eugenio Hostos iGEM 2015 [en línea]. <http://2015.igem.org/Team:Liceo_Eugenio_Hostos> [consulta: 19 diciembre 2015].
- [46] CORFO. Bases Implementacion del plan estrategico Nueva ingenieria para el 2030.pdf. 2013
- [47] SII. Estadísticas de empresa [en línea]. <<http://www.sii.cl/estadisticas/empresas.htm>>.
- [48] DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA. Informe de Autoevaluación para la Acreditación de la carrera de Ingeniería Civil en Biotecnología. 2014.
- [49] FORTUNE. Why startups fail, according to their founders [en línea]. <<http://fortune.com/2014/09/25/why-startups-fail-according-to-their-founders/>>.
- [50] MUSSO, Roberto. The Startup Journey: Una metodología para emprender en economías emergentes [en línea]. <<https://www.linkedin.com/pulse/startup-journey-una-metodolog?a-para-emprender-en-econom?as-musso>> [consulta: 12 abril 2016].
- [51] FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS - UNIVERSIDAD DE CHILE. FCFM inaugura laboratorio de innovación y emprendimiento OpenLab [en línea]. <<http://ingenieria.uchile.cl/noticias/121416/fcfm-inaugura-laboratorio-de-innovacion-y-emprendimiento-openlab>>.
- [52] Breaking the Mold [en línea]. <<http://www.biotechstart.org/2013/01/breaking-mold/>> [consulta: 5 abril 2016].
- [53] EXPLORA. Los Porqués de la Biotecnología [en línea]. <<http://www.explora.cl/index.php/191-sabias-que/sabias-biol/695-los-porques-de-la-biotecnologia>> [consulta: 21 mayo 2016].
- [54] CORFO. 2014. Emprendimiento en Chile: Hacia un modelo de segmentación. 123 p.
- [55] MANDAKOVIC, ABARCA, AMORÓS. Global Entrepreneurship Monitor Reporte Nacional de Chile. 2015. 1ra ed.
- [56] CARLSON, Rob. On DNA and Transistors [en línea]. <<http://www.synthesis.cc/synthesis>> [consulta 04 diciembre 2016].
- [57] BOH, Wai Fong et al. 2016. University technology transfer through entrepreneurship: faculty and students in spinoffs. Journal of Technology Transfer. 41(4): 661–669.
- [58] SYNBIOBETA. iGEM: Catalyzing Entrepreneurs and Startups in Synthetic Biology [en línea]. <<http://synbiobeta.com/news/igem-catalyzing-entrepreneurs-and-startups-in-synthetic-biology/>>.
- [59] Apregnde. Biología Sintética one-oh-one [en línea]. <<http://biosintetica101.org/>> [consulta: 28 agosto 2015].

- [60] ENDY, Drew. 2005. Foundations for engineering biology. *Nature*. 438(7067): 449–453.
- [61] FOUNDATION, IGEM. Registry of Standard Biological Parts [en línea]. <http://parts.igem.org/Main_Page> [consulta: 11 octubre 2015].
- [62] SHETTY, Reshma P et al. 2008. Engineering BioBrick vectors from BioBrick parts. *Journal of Biological Engineering*. 2(1): 5.
- [63] VOIGT, Christopher A. 2006. Genetic parts to program bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*. 17(5): 548–557.
- [64] BROPHY, Jennifer A N y VOIGT, Christopher A. 2014. Principles of genetic circuit design. *Nature methods*. 11(5): 508–520.
- [65] INGALLS, Brian. 2012. Mathematical Modelling in Systems Biology: An Introduction [en línea]. : 1–396. ISSN 0172-8113. 10.1007/s00292-008-1023-1
- [66] MOE-BEHRENS, Gerd H G et al. 2013. Preparing synthetic biology for the world. *Frontiers in microbiology* . 4: 5.
- [67] BEUZEKOM, Brigitte Van y ARUNDEL, Anthony. OECD Biotechnology Statistics 2009. 103p
- [68] OCDE. Key biotechnology indicators [en línea]. <<http://www.oecd.org/sti/inno/keybiotechnologyindicators.htm>>.
- [69] HINE, Damian y KAPELERIS, John. 2006. Innovation and Entrepreneurship in Biotechnology, an International Perspective: Concepts, Theories and Cases. Edward Elgar Publishing. 288 p.
- [70] What Makes A Biotech Business Unlike Any Other Business? | BRI [en línea]. <<http://briworldwide.com/what-makes-a-biotech-business-unlike-any-other-business/>> [consulta: 28 marzo 2016].
- [71] AHMAD, Nadim y SEYMOUR, Richard G. 2006. Defining Entrepreneurial Activity [en línea]. : 1–22. ISSN 1815-2031. 10.1787/243164686763
- [72] OCDE Y EUROSTAT. 2005. Manual de Oslo [en línea]. 3ra ed. Grupo Tragsa -. 1-188 p.
- [73] MATÍA DE LUIGGI. Desarrollo de un proceso de transferencia tecnológica y gestión de la innovación en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 2015.
- [74] AULET, Bill. 2013. Disciplined Entrepreneurship [en línea]. John Wiley & Sons. 288 p.
- [75] OECD LEED PROGRAMME. Entrepreneurial ecosystems and growth oriented entrepreneurship. 2014.
- [76] ISENBERG, Daniel. The Entrepreneurship Ecosystem Strategy as a New Paradigm for Economic Policy: Principles for Cultivating Entrepreneurship. 2011.
- [77] TECHCRUNCH. Silicon Valley, London, NYC: Startup Genome Data Reveals How The World's Top Tech Hubs Stack Up [en línea]. <<https://techcrunch.com/2012/04/10/startup-genome-compares-top-startup-hubs/>>.
- [78] Redbionova [en línea]. <<http://www.redbionova.com/>>.
- [79] Start-Up Chile [en línea]. <<http://startupchile.org/>>.
- [80] Laboratorio de Gobierno [en línea]. <<https://lab.gob.cl/#intro>>.
- [81] R2B Catalyst [en línea]. <<http://r2bcatalyst.com>>.
- [82] Programa Darwin [en línea]. <<http://programadarwin.cl/>>.
- [83] CORFO Programas y Concursos [en línea]. <<http://www.corfo.cl/programas-y-concursos>> [consulta: 22 abril 2016].
- [84] Plataformas de Crowdfunding en Latinoamérica [en línea].

- <<http://www.universocrowdfunding.com/plataformas-de-crowdfunding-en-latinoamerica/>>.
- [85] Fundación Ciencia & Vida [en línea]. <<http://www.cienciavida.org>>.
- [86] CeBiB – Centro de Biotecnología y Bioingeniería [en línea]. <<http://cebib.cl/>>.
- [87] Centro de Biotecnología - Universidad de Concepción [en línea]. <<http://www.centrobiotecnologia.cl/index.php>>.
- [88] Pfizer Chile [en línea]. <<http://www.pfizer.cl/>>.
- [89] BioSigma [en línea]. <<http://www.biosigma.cl/>>.
- [90] DuPont Chile [en línea]. <<http://www.dupont.cl/>>.
- [91] VELASCO, Blanca. Curso de prácticas en habilidades para innovar y emprender en ciencia y negocios. 2012
- [92] TAJONAR, Adriana. 2014. How to start a biotech company. Molecular biology of the cell. 25(21): 3280–3283.
- [93] RIES, Eric. 2011. The Lean Startup: How Today’s Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses [en línea]. 1-336 p.
- [94] JAMES TAYLOR, MICHAEL KOERIS. Minimum Viable Products in Biotech and Other Research Orientated Industries [en línea]. <<http://www.biotechstart.org/2011/11/minimum-viable-products-biotech-research-orientated-industries/>>.
- [95] STANFORD D.SCHOOL. Bootcamp Bootleg. 2010.
- [96] Design Thinking en Español [en línea]. <<http://designthinking.es/inicio/index.php>>.
- [97] Una Nueva Ingeniería para el 2030 - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - Universidad de Chile [en línea]. <<http://ingenieria.uchile.cl/facultad/fcfm-2030/113491/proyecto>> [consulta: 3 diciembre 2015].
- [98] FCFM. Open Beauchef [en línea]. <http://www.openbeauchef.cl/es_CL/> [consulta: 18 diciembre 2015].
- [99] Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología, FCFM, Universidad de Chile [en línea]. <<http://diqbt.uchile.cl>>.
- [100] FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS - UNIVERSIDAD DE CHILE. FCFM por medio del DIQBT se adjudica fondos para la implementación de nuevos laboratorios de biología [en línea]. <<http://ingenieria.uchile.cl/noticias/104622/diqbt-se-adjudica-fondos-para-la-implementacion-de-nuevos-laboratorios>>.
- [101] GG.OO OpenBio UChile [en línea]. <<http://openbio.cl/>> [consulta: 22 agosto 2015].
- [102] Colegio Mariano de Schoenstatt. La Biología desde una nueva perspectiva [en línea]. <<http://www.colegiomariano.cl/sitio/index.php/servicios/noticias-nulo/noticias-de-colegio/694-la-biologia-desde-una-nueva-perspectiva>> [consulta: 28 agosto 2015].
- [103] Colegio La Maisonnette. Charla sobre Biología Sintética. III y IV Medio [en línea]. <<http://www.lamaisonnette.cl/noticias.php?id=2915>> [consulta: 28 agosto 2015].
- [104] FUNDACIÓN ENSEÑA CHILE. Aprendizaje Basado en Proyectos. 2015.
- [105] OLIVERA, Álvaro. Programa de Curso BT5423-Biología Sintética. 2015.
- [106] ZISIS, Natalia. Estudio de percepción académicos de la FCFM. 2016.
- [107] CAYENNE CONSULTING. Self-Knowledge Makes You a More Effective Entrepreneur [en línea]. <<https://www.caycon.com/blog/2011/04/entrepreneurs-need-to-recognize-their-limitations/>>.
- [108] CREATIVECOMMONS. When we share, everyone wins [en línea].

- <<https://creativecommons.org/>>.
- [109] GENENTECH. Genentech: Chronology [en línea].
<<https://www.gene.com/media/company-information>>.
- [110] DIVISIÓN DE INNOVACIÓN DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA. Metodología Canvas, una forma de agregar valor a sus ideas de negocios [en línea].
<<http://www.innovacion.cl/reportaje/metodologia-canvas-la-nueva-forma-de-agregar-valor>>.

ANEXOS

Anexo A. Pauta de preguntas de las entrevistas para los académicos del DIQBT

Académicos entrevistados

- Francisco Gracia – Profesor Asistente y Jefe Docente
- Maria Elena Lienqueo - Profesor Asociado
- Álvaro Olivera - Profesor Asistente
- Juan Asenjo – Profesor Titular y Director del CeBiB

Objetivo general

Examinar la situación actual en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles en el DIQBT desde el punto de vista de los directivos y académicos.

Objetivos específicos:

- a) Indagar su postura sobre integrar la innovación y emprendimiento en el DIQBT
- b) Conocer postura sobre que los estudiantes realicen proyectos en el DIQBT.
- c) Conocer la opinión sobre los proyectos de biotecnología.
- d) Obtener la opinión sobre la existencia de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes.

Preguntas:

- a) **Conocer su postura sobre integrar la innovación y emprendimiento en el DIQBT.**

En el último tiempo, se ha venido hablando en Chile sobre la innovación y emprendimiento; sobre todo aquellos de base científico-tecnológica.

- ¿Qué entiende por innovación y por emprendimiento, separadamente?
- ¿Qué le parece la formación en innovación y emprendimiento que se ha dado en la Facultad hasta el momento?

Actualmente, la Facultad se encuentra implementando el programa “*Una Nueva Ingeniería para el 2030*”.

- ¿Conoce en qué consiste este programa? ¿Cuál es su opinión al respecto?
- ¿Conoce los nuevos espacios que se están implementando bajo este programa?
- ¿Cómo cree que el DIQBT está tributando a este programa?

Dentro del DIQBT, generalmente se suelen enfatizar dos posibles caminos formativos en los cuales los estudiantes se pueden desenvolver: la investigación y la industria.

- ¿Le parecería pertinente que se integre la innovación y emprendimiento como un camino formativo alternativo, en donde los estudiantes puedan desarrollar proyectos de base científico-tecnológica (de química y/o biotecnología)?

b) Conocer postura sobre que los estudiantes realicen proyectos en el DIQBT.

Existen alumnos del DIQBT que actualmente desarrollan proyectos, tanto académicos como extra-académicos,

- ¿Cuál es su opinión en torno a que los estudiantes puedan desarrollar proyectos extra-académicos a lo largo de su formación universitaria en la FCFM?
- ¿Qué consideraría como un proyecto estudiantil extra-académico exitoso?
- ¿Cuáles cree que son los cinco principales elementos que propician que un estudiante desarrolle un proyecto exitoso? ¿Cuáles se encontrarían en el DIQBT?
- ¿Cuáles cree que son las cinco principales dificultades que enfrentan los estudiantes al momento de desarrollar un proyecto? ¿Cuáles de esas dificultades se encontrarían en el DIQBT?
- ¿Cómo cree que responde el DIQBT ante un estudiante motivado en desarrollar un proyecto extra-académico?

c) Conocer la opinión sobre los proyectos de biotecnología.

- ¿Qué elementos diferencian a un proyecto de biotecnología de proyectos de otras especialidades?
- ¿Qué entiende por la carrera de Ingeniería civil en Biotecnología?
- ¿Considera que actualmente la carrera se ajusta a esa definición?
- ¿Cree que los estudiantes de esta carrera están llevando sus conocimientos de la teoría a la práctica? ¿De qué maneras concretas lo están haciendo? ¿Cómo se podría mejorar?
- En los próximos 5 años, ¿Cuál cree que debería ser el rol de los ingenieros civiles en biotecnología egresados del Departamento?

d) Obtener la opinión sobre la existencia de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes.

Si existiera una guía explicativa que oriente a los alumnos sobre cómo llevar a cabo un proyecto de innovación y emprendimiento en biotecnología en el marco estudiantil de la FCFM,

- ¿Cree que sería de utilidad en el DIQBT? ¿Cree que la utilizarían los estudiantes?
- ¿Qué aspectos considera que serían relevantes incluir en dicha guía?

Anexo B. Pauta de preguntas de la encuesta para estudiantes del DIQBT

Objetivo principal:

Examinar la situación actual en torno al desarrollo de proyectos estudiantiles en el DIQBT desde el punto de vista de los estudiantes.

Objetivos específicos:

- a) Caracterizar la muestra.
- b) Caracterizar el tipo de proyectos extra-académicos desarrollados por estudiantes.
- c) Conocer la motivación de los estudiantes para desarrollar proyectos extra-académicos.
- d) Conocer la experiencia del estudiante durante el desarrollo de un proyecto extra-académicos en el DIQBT.
- e) Conocer el interés en usar una guía orientativa.

Preguntas:

1. [Objetivo a] ¿Cuál es tu edad?
 - a. Respuesta corta
2. [Objetivo a] ¿Cuál es tu género?
 - a. Femenino
 - b. Masculino
3. [Objetivo a] ¿En qué año ingresaste al DIQBT?
 - a. Desplegar opciones -2010, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016
4. [Objetivo a] Marca aquella(s) especialidad(es) que estés cursando.
 - a. Ingeniería civil en Biotecnología
 - b. Ingeniería civil Química
 - c. Postgrado
 - d. Otra

Para las siguientes preguntas, considera la siguiente definición: “Un proyecto es el conjunto de actividades que desarrolla una persona o un grupo de personas para alcanzar un determinado objetivo. Dicho proyecto se considera extra-académico cuando se desarrolla fuera del horario de clases, es decir, cuando no está enmarcado en los cursos formales de los programas de estudio.”

5. [Objetivo b] En el marco de la FCFM, ¿en cuántos proyectos extra-académicos distintos has participado en total (pasados y actuales)?
 - a. Desplegar opciones 0, 1, 2, 3, 4, 5 o más.
6. [Objetivo c] Si nunca has participado en proyectos extra-académicos, se debe principalmente a:
[Marca todas las que en tu opinión aplican]
 - a. No me interesa hacer proyectos, creo que no aportan a mi formación.

- b. Sólo me preocupo de los proyectos que necesite realizar para aprobar los cursos.
- c. Me gustaría, pero no sé cómo abordarlos adecuadamente.
- d. Me gustaría, pero me falta tiempo.
- e. Me falta motivación.
- f. Otro_____

-----Termina encuesta para aquellos que han participado en 0 proyectos.

7. [Objetivo b] En el marco de la FCFM, ¿en cuántos semestres has participado en al menos un proyecto extra-académico?
- b. Desplegar opciones 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 o más.
8. [Objetivo c] Siendo estudiante, ¿Qué es lo que te motiva principalmente a participar en el desarrollo de proyectos extra-académicos?
[Marca todas las que en tu opinión aplican]
- a. Gusto por aprender.
 - b. Ganar experiencia para mi currículum.
 - c. Ocupar mi tiempo libre.
 - d. Reconocimiento de mis pares.
 - e. Generar una red de contactos.
 - f. Me convencieron.
 - g. Rentabilizar mi trabajo.
 - h. Otro_____
9. [Objetivo c] En tu opinión, consideras que tu participación en proyectos extra-académicos es:
- a. Alta
 - b. Media
 - c. Baja
10. [Objetivo c] Si consideras que tu participación en proyectos extra-académicos es baja, se debe principalmente a:
[Marca todas las que en tu opinión aplican]
- a. Me preocupo más de los proyectos que necesite realizar para aprobar los cursos.
 - b. Me gustaría participar en más, pero me cuesta abordarlos adecuadamente.
 - c. Me falta motivación.
 - d. Me gustaría participar en más, pero me falta tiempo.
 - e. Otro_____
11. [Objetivo b] ¿Qué tipo de temáticas has abarcado en tus proyectos extra-académicos?:
[Marca todas las que aplican]
- a. Ciencia (investigación)
 - b. Tecnología (aplicación)
 - c. Docencia (enseñanza)

- d. Política
- e. Otro_____

12. [Objetivo b] De todos los proyectos extra-académicos en que participas o has participado, ¿Cuántos se han basado en ciencia y/o tecnología?
a. Desplegar opciones 0, 1, 2, 3, 4, 5 o más

13. [Objetivo b] De todos los proyectos extra-académicos en que participas o has participado, ¿Cuántos han tenido algún componente biotecnológico en su concepción y/o diseño?
a. Desplegar opciones 0, 1, 2, 3, 4, 5 o más.

14. [Objetivo c] Si nunca has participado en proyectos extra-académicos que poseen algún componente biotecnológico, se debe principalmente a:
[Marca todas las que en tu opinión aplican]
g. No me interesan los proyectos de biotecnología.
h. Me gustaría pero no sabría cómo abordarlos.
i. Me gustaría, pero me falta tiempo.
j. Me gustaría, pero no tengo el conocimiento técnico.
k. Me falta motivación.
l. Me interesan otras áreas.
m. Otro_____

-----Termina encuesta para aquellos que han participado en 0 proyectos que poseen algún componente biotecnológico.

15. [Objetivo b] De todos los proyectos extra-académicos que han tenido algún componente biotecnológico en su concepción y/o diseño, aquel que ha logrado el mayor nivel de desarrollo, ha alcanzado la etapa de:
a. Etapa de concepción (ideas, primeros bosquejos, etc)
b. Etapa de diseño (detalles técnicos, modelos, planificación, canvas, etc)
c. Etapa de implementación (compra de materiales, construcción, etc)
d. Etapa de operación (puesta en marcha y monitoreo del proyecto o actividad)

16. [Objetivo b] Considerando el mismo proyecto de la pregunta anterior, podrías mencionar que su desarrollo tomó:
e. Más de un año.
f. Cerca de dos semestres.
g. Cerca de un semestre.
h. Un mes o menos.

17. [Objetivo b] Considerando el mismo proyecto nuevamente, ¿Qué especialidades participaron en su desarrollo?:
[Marca todas las que en tu opinión aplican]
a. Listar especialidades de la FCFM
b. Otra

18. [Objetivo b] Considerando el mismo proyecto nuevamente, ¿Podrías comentar brevemente en qué consiste o consistió?

a.

19. [Objetivo d] Acorde al proyecto comentado en la pregunta anterior, ¿Consideras que los siguientes aspectos han sido de utilidad para el desarrollo del proyecto?

Item	No aplica	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
Manejar el conocimiento técnico.					
Trabajar en equipo.					
Tener experiencia previa desarrollando proyectos.					
Poseer el apoyo de académicos del DIQBT.					
Poseer el apoyo de académicos externos al DIQBT.					
Poseer asesoría de un experto externo.					
Disponer del financiamiento necesario.					
Disponer del tiempo necesario.					
Tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento del DIQBT.					
Disponer de los espacios de estudio del DIQBT.					
Tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento externos al DIQBT.					
Disponer de los espacios de estudio externos al DIQBT.					

20. [Objetivo d] Acorde al mismo proyecto, ¿Consideras que los siguientes aspectos han sido un obstáculo para el desarrollo del proyecto?

Item	No aplica	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
No manejar el conocimiento técnico.					
Conflictos internos de equipo.					
No tener experiencia previa desarrollando proyectos.					
No contar con el apoyo de académicos del DIQBT.					
No contar con el apoyo de académicos externos al DIQBT.					
No contar con asesoría de un experto externo.					
No disponer del financiamiento necesario.					
No disponer del tiempo necesario.					
No tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento del DIQBT.					
Disponer de pocos espacios de trabajo en el DIQBT.					
No tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento del resto de la facultad.					
Disponer de pocos espacios de trabajo en la facultad.					
Problemas personales.					
Burocracia administrativa.					

21. [Objetivo e] En el marco de la FCFM, si existiera una guía explicativa que orientara sobre cómo llevar a cabo un proyecto basado en componentes biotecnológicos, ¿La utilizarías mientras eres estudiante para desarrollar un proyecto extra-académico?
- a. Sí
 - b. No
 - c. Tal vez

22. ¿Tienes algún comentario extra que quisieras agregar?

a.

Anexo C. Resultados complementarios de la encuesta de estudiantes

C.1. Composición de la muestra

Tabla 10: Estudiantes de la muestra por edad.

Edad	Número	Porcentaje de la muestra [%]
20 o menos	9	12,3
21	16	21,9
22	12	16,4
23	11	15,1
24	15	20,5
25	6	8,2
26 o mas	4	5,5

Tabla 11: Estudiantes de la muestra por género.

Sexo	Número	Porcentaje de la muestra [%]	Porcentaje en el universo [%]
Mujer	29	39,7	33,7
Hombre	44	60,3	66,3

Tabla 12: Estudiantes de la muestra por año de ingreso al DIQBT.

Año de ingreso	Número	Porcentaje de la muestra [%]	Porcentaje en el universo [%]
Antes del 2010	3	4,1	1,1
2010	2	2,7	1,6
2011	9	12,3	2,2
2012	11	15,1	10,9
2013	10	13,7	20,7
2014	12	16,4	21,7
2015	17	23,3	22,8
2016	9	12,3	19,0

Tabla 13: Estudiantes de la muestra por especialidad cursada.

Carrera	Número	Porcentaje de la muestra [%]	Porcentaje en el universo [%]
Ing. Civil en Biotecnología	13	17,8	24,5
Ing. Civil en Química	42	57,5	61,4
Ing. Civil en Biotecnología e Ing. Civil en Química	17	23,3	14,1

C.2. Resultados Escala de Likert

Tabla 14: Resultados de los estudiantes a la pregunta: ¿Consideras que los siguientes aspectos han sido de utilidad para el desarrollo del proyecto?.

Ítem	No aplica	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
Manejar el conocimiento técnico.	1	0	0	2	7
Trabajar en equipo.	1	0	0	1	8
Tener experiencia previa desarrollando proyectos.	0	2	3	4	1
Poseer el apoyo de académicos del DIQBT.	2	0	1	1	6
Poseer el apoyo de académicos externos al DIQBT.	5	0	1	1	3
Poseer asesoría de un experto externo.	5	0	3	1	1
Disponer del financiamiento necesario.	1	0	0	2	7
Disponer del tiempo necesario.	1	0	0	4	5
Tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento del DIQBT.	3	0	1	1	5
Disponer de los espacios de estudio del DIQBT.	3	1	2	2	2
Tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento externos al DIQBT.	3	1	1	0	5
Disponer de los espacios de estudio externos al DIQBT.	2	1	2	3	2

Tabla 15: Resultados de los estudiantes a la pregunta: ¿Consideras que los siguientes aspectos han sido un obstáculo para el desarrollo del proyecto?.

Ítem	No aplica	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
No manejar el conocimiento técnico.	1	1	1	4	3
Conflictos internos de equipo.	2	1	1	4	2
No tener experiencia previa desarrollando proyectos.	1	1	4	3	1
No contar con el apoyo de académicos del DIQBT.	4	1	2	1	2
No contar con el apoyo de académicos externos al DIQBT.	5	1	2	2	0
No contar con asesoría de un experto externo.	6	0	4	0	0
No disponer del financiamiento necesario.	2	0	1	2	5
No disponer del tiempo necesario.	1	0	0	3	6
No tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento del DIQBT.	4	1	2	2	1
Disponer de pocos espacios de trabajo en el DIQBT.	4	0	3	3	0
No tener accesibilidad a los laboratorios y equipamiento del resto de la facultad.	3	1	3	3	0
Disponer de pocos espacios de trabajo en la facultad.	3	0	2	4	1
Problemas personales.	4	2		1	3
Burocracia administrativa.	2	0	1	2	5

C.3. Cálculo del índice de participación

Se define el índice de participación como el grado o eficiencia de participación de un estudiante de acuerdo a:

$$\text{Índice de participación} = \frac{N^{\circ} \text{ de semestres con participación}}{N^{\circ} \text{ total de semestres cursados}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde,

- *N° de semestres con participación*: corresponde a la cantidad de semestres que el estudiante ha participado en al menos un proyecto extra-académico. Este valor se extrajo directamente de la encuesta realizada.
- *N° total de semestres cursados*: corresponde a la cantidad total de semestres cursados por el estudiante desde el ingreso a la facultad. Este valor fue estimado usando información de la encuesta realizada e información proporcionada por el Jefatura Docente del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología.

Estimación del número total de semestres cursados por el estudiante

En la encuesta realizada se le consultó al estudiante el año de ingreso al DIQBT. Con este valor se calculó el número de semestres cursados por el alumno hasta final del semestre primavera del 2015.

La información proporcionada por el Jefatura Docente correspondió al listado oficial de los estudiantes de pregrado del DIQBT a septiembre del 2016. Este listado contenía el detalle por alumno del año de ingreso a la facultad y el semestre de ingreso al DIQBT⁶. Con estos datos se calculó el número de semestres que cada estudiante demora en ingresar al Departamento, información resumida en la Figura 28.

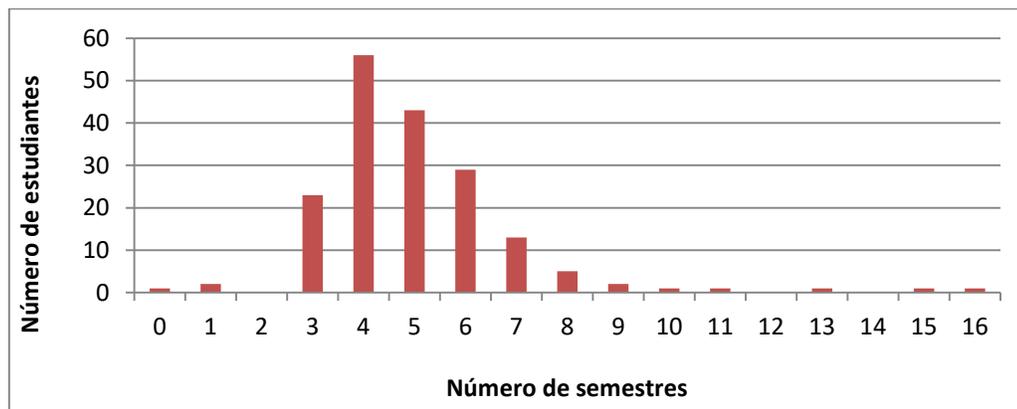


Figura 28: Cantidad de semestres que demoran los estudiantes en ingresar al DIQBT.

Posteriormente, se calculó el número de semestres promedio que los estudiantes demoran en ingresar al DIQBT, considerando las siguientes observaciones:

- Se despreciaron los valores del gráfico correspondientes a 10 o más semestres, por considerarse de casos únicos que pudieran representar cambios de código muy avanzado en la carrera o ingreso de estudiantes desde otras especialidades.

⁶ Correspondiente al semestre en que el estudiante realiza la solicitud de cambio de código de la carrera.

- La malla curricular de Plan Común consta de 4 semestres oficiales. Por lo tanto se impuso que los estudiantes al menos deberían cursar un mínimo de 4 semestres antes de ingresar al DIQBT. De esta manera, los estudiantes que registraron 3 o menos semestres, fueron descartados del análisis.

Aplicando estas consideraciones a la Figura 28 se obtiene la nueva distribución de los datos en la Figura 29.

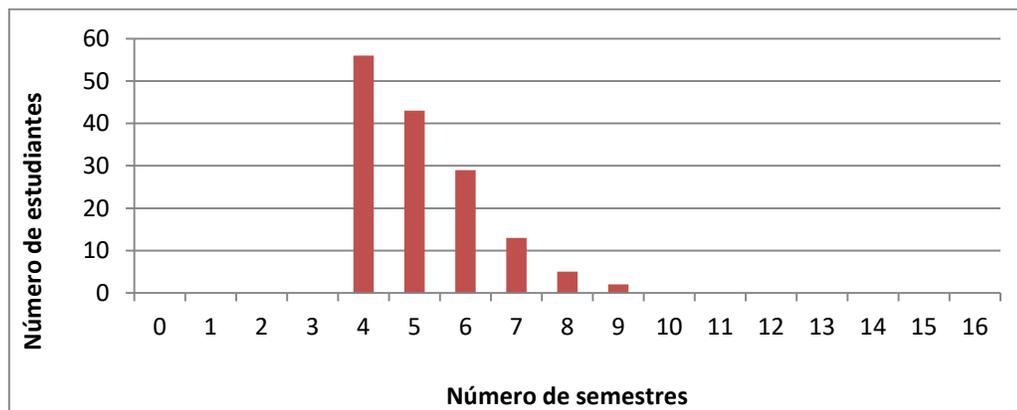


Figura 29: Cantidad de semestres que demoran los estudiantes en ingresar al DIQBT luego de aplicar las observaciones mencionadas.

A partir de estos datos, se determinó el número promedio de semestres que demoran los estudiantes para ingresar al DIQBT, estimándose en 5 semestres.

Finalmente, se obtuvo el *Nº total de semestres cursados* por cada estudiante, correspondiente al valor promedio de 5 semestres más el número de semestres cursados por el alumno estando en el DQIBT.

Ejemplo de cálculo del índice de participación

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo para un estudiante que declaró ingresar al DIQBT en el año 2013 y que ha participado en al menos un proyecto extra-académico en 5 semestres. De los datos entregados, se desprende que:

$$N^{\circ} \text{ de semestres con participación} = 5 \text{ semestres} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Por otro lado, con el año de ingreso se calcula el número de semestres cursados estando en el DIQBT, correspondiente a 6 semestres. Si se le suma el valor promedio de 5 semestres que demora en ingresar al Departamento, se obtiene:

$$N^{\circ} \text{ total de semestres cursados} = 5 + 6 = 11 \text{ semestres} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Finalmente, con estos valores se puede determinar el índice de participación del estudiante usando la (Ecuación 1):

$$\text{Índice de participación} = \frac{5}{11} = 45\% \quad (\text{Ecuación 4})$$

Anexo D. Pauta de preguntas de entrevistas para expertos externos al DIQBT

Entrevistados

- Emilia Diaz – CEO (*Chief Executive Officer*) de la empresa Kaitek Labs.
- Francisco Arriaza – CBDO (*Chief Business Development Officer*) de la empresa R2B Catalyst.
- Fernan Federici - Profesor Asistente Universidad Católica, especializado en biología sintética.

Objetivo general

Conocer la opinión de personas externas al DIQBT en torno al desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile.

Objetivos específicos:

- a) Conocer qué opina sobre desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile.
- b) Conocer el proceso de desarrollo del proyecto en el que participa.
- c) Conocer su opinión sobre la aplicación de la biología sintética en proyectos de biotecnología
- d) Obtener la opinión sobre la existencia de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes.

Preguntas

a) Conocer qué opina sobre el desarrollo de proyectos biotecnológicos en Chile.

En torno a la industria biotecnológica de Chile:

- ¿Cuál tu opinión?
- ¿Crees que la innovación y emprendimiento podría ser importante en esta área?
- ¿Qué elementos consideras característicos de un proyecto de biotecnología que lo hacen diferente a proyectos de otras áreas?

b) Conocer el proceso de desarrollo del proyecto en el que participa.

De acuerdo a tu experiencia,

- ¿Podrías comentar sobre cómo fue el proceso de tu proyecto?
- ¿Cómo surgió la idea?. Si partió en la universidad, ¿En qué momento decidieron desligarse?, ¿Por qué?
- En tu opinión, ¿Con qué elementos positivos se han encontrado en el camino que haya beneficiado su proyecto?, ¿Cuáles 3 crees que han sido los más fundamentales?
- ¿Qué obstáculos principales han enfrentado en su camino?, ¿Cuáles 3 crees que han sido los más limitantes?

c) Conocer su opinión sobre la aplicación de la biología sintética en proyectos de biotecnología.

A lo largo de tu proyecto,

- ¿Han utilizado técnicas de biología sintética?, ¿Por qué decidieron incluirla en el desarrollo de tu proyecto?
- ¿Cómo ha sido su experiencia hasta ahora con la biología sintética?
- ¿Cuál consideras que ha sido la mayor utilidad de trabajar con la biología sintética que podrías mencionar?
- ¿Qué desventajas han detectado usando la biología sintética?, ¿Tienes alguna idea de cómo se podrían solucionar?
- En tu opinión, ¿Le recomendarías a otros proyectos de biotecnología que usen la biología sintética?, ¿Por qué?

d) Obtener la opinión sobre la existencia de una guía para orientar el desarrollo de proyectos biotecnológicos en los estudiantes.

Respecto a que se incentive en estudiantes universitarios el desarrollo de emprendimientos de biotecnología basados en el uso de biología sintética,

- ¿Cuál es tu opinión?

A continuación, se te presenta una primera versión de una guía que orientaría el desarrollo de proyectos estudiantiles de biotecnología basados en la utilización de la biología sintética:

- ¿Conocías alguna guía similar?, ¿Cuál?
- ¿Qué te parece la secuencia de pasos de la guía presentada?
- ¿Qué modificaciones realizarías con base en tu experiencia?
- Si tuvieras que definir un hito de éxito para cada etapa, ¿cuál considerarías como el más importante para cada una?

En el caso hipotético de que un estudiante universitario usara esta guía:

- ¿A qué inconvenientes principales crees que se pueda ver enfrentado?
- ¿Qué ventajas crees que obtendría por utilizar esta guía?

Anexo E. Ciclo de vida de un emprendimiento R2B Catalyst

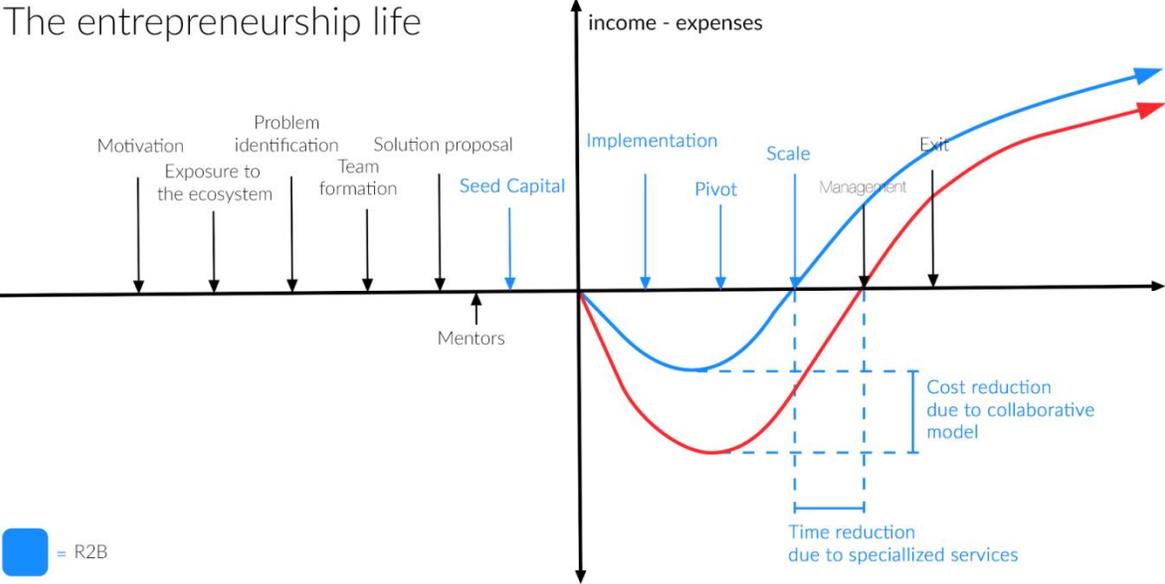


Figura 30: Ciclo de vida de un emprendimiento. Proporcionado por la empresa R2B Catalyst.

Anexo F. Etapas de la versión final de la metodología orientativa

Esta sección detalla las particularidades de cada una de las 9 etapas diseñadas para la metodología. La redacción está orientada a la persona que hace lectura y uso de esta guía.

F.1. Introducción

De acuerdo a la OCDE, la biotecnología impactará en rubros tan diversos como lo son salud, alimentación, agricultura, energía, procesos industriales, manufactura, entre otros. Sin embargo, para que esto ocurra debe existir la suficiente masa crítica que pueda sobrellevar estos desarrollos y avances.

De esta manera, el objetivo de esta guía es sentar las bases de un camino orientativo que les sea de utilidad a aquellas personas interesadas en desarrollar proyectos, emprendimientos o innovaciones en biotecnologías, principalmente orientadas a la manipulación de organismos, puesto que la guía contempla el uso de la biología sintética como herramienta ingenieril para el diseño de los proyectos. Si bien quedan fuera proyectos de biotecnología tradicional o de bioinformática, de todas formas algunas de las etapas podrían ser de utilidad.

Antes de continuar a la próxima sección, se considera pertinente entregarte algunas advertencias que es bueno tener en cuenta antes de embarcarte en el viaje del emprender:

Alta incertidumbre: los emprendimientos de ciencia y tecnología (entre ellos los de base biotecnológica), en general se caracterizan por desarrollar soluciones innovadoras que no existen previamente, por lo que intrínsecamente están insertos en un ambiente de gran incertidumbre, es decir, en un ambiente de mucha incerteza sobre el futuro del proyecto, lo que conlleva a asumir un alto riesgo de fracaso en este tipo de emprendimientos.

Tolerancia al fracaso: dado que los emprendimientos de biotecnología conllevan un alto riesgo de fracasar, es necesario que las personas impulsoras de la iniciativa tengan una gran tolerancia al fracaso, pues muy probablemente en el camino se obtendrán resultados distintos a los esperados, más de una vez. Sin embargo, es un aspecto propio del proceso y, necesario, ya que cada fracaso debe considerarse como una instancia de aprendizaje. Por esta razón, es necesario que las personas tengan la actitud necesaria para poder enfrentar estos ambientes de alta incertidumbre.

Alta motivación: a nadie le gustan los fracasos. En ocasiones estos hechos pueden disminuir las motivaciones personales tanto como las grupales. Por esta razón, en el mundo del emprendimiento, la gran mayoría de las personas poseen un perfil que refleja una alta motivación y pasión por lo que realizan, instándolos a continuar adelante pese a los fracasos, es decir, suelen ser personas persistentes que no se rinden ante el primer obstáculo.

No existe la “receta” perfecta para emprender: de acuerdo a distintos autores, no hay una “receta” exacta para lograr un emprendimiento perfecto de una sola vez, pues cada uno está sujeto a distintas variables propias de su contexto, tanto geográfico como

temporal. Adicionalmente, están sujetos a las características intrínsecas de las personas y de los equipos de trabajo que decidan emprender. No obstante, esta guía propone las bases generales de un camino que oriente el proceso para iniciar un emprendimiento en biotecnología.

Emprender en biotecnología no es sencillo: una célula crece, evoluciona, muta, se reproduce, muere, etc., es decir, los procesos biológicos son dinámicos y aún no son completamente predecibles. Por este motivo, pese a que la biología sintética busca integrar el aspecto ingenieril a los proyectos de biotecnología para facilitar su implementación, los avances aún son relativamente incipientes, por lo que para lidiar con la complejidad técnica de esta área, sobre todo al momento de la experimentación, se sugiere tener una formación biotecnológica o afín, o que al menos alguien del grupo se pueda manejar con los contenidos básicos.

Si bien sólo se abordan 5 advertencias, es probable que en el camino vayan apareciendo otros inconvenientes, por lo que hay que tener la actitud adecuada, tanto individual como grupal, para poder superarlos.

Sobre todo considerando que Chile aún no es un país reconocido por su capacidad de innovación o emprendimiento, pues básicamente sigue siendo caracterizado por la explotación y exportación de recursos naturales. No obstante, hace algunos años se están direccionando los esfuerzos para fomentar un ecosistema de innovación y emprendimiento, lo que implica generar un cambio cultural en el país. Estos cambios han propiciado el surgimiento de algunas organizaciones que pueden ser de ayuda para tu emprendimiento:

- **Laboratorio de Gobierno:** es la plataforma que tiene por objetivo promover la innovación dentro de las instituciones del Estado chileno [80]
- **Ecosistema OpenBeauchef:** es el ecosistema abierto de innovación y emprendimiento ubicado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Apoya el desarrollo de capacidades emprendedoras en estudiantes, investigadores y académicos [98].
- **Start Up Chile:** es la aceleradora chilena de emprendimientos de fase temprana que busca posicionar al país como el centro de innovación y emprendimiento de Latinoamérica [79]
- **R2B Catalyst:** es una reciente plataforma privada que presta servicios de apoyo a emprendimientos de base científica para que puedan efectivamente materializar sus negocios [81]

Las siguientes secciones se estructuran en 3 partes principales:

- **Descripción:** corresponde a la parte central de cada etapa, en donde se describe qué implica y por qué es importante dicha etapa. En algunas de ellas se sugieren maneras de cómo abordarlas y se presentan algunos ejemplos.
- **Hito de éxito:** consiste en una pequeña sección que indica cuáles deberían ser los objetivos logrados en cada etapa antes de continuar a la siguiente.
- **Lecturas sugeridas:** en esta sección se pone a disposición algunas referencias bibliográficas de interés para el lector, relacionadas a la etapa en cuestión.

F.2. Etapa N°1 - Comenzar el viaje

Esta es la primera etapa efectiva para iniciar un emprendimiento. Para ello se necesita determinar en qué situación te encuentras antes de embarcarte en este proceso, siguiendo los pasos descritos en el esquema de la Figura 36 para esta etapa.

De acuerdo a B. Aulet, tu situación podría ser alguna de las 3 resumidas en la Tabla 16.

Tabla 16: Estado inicial con el que podría reconocerse a personas emprendedoras.

	Tengo una idea	Tengo una tecnología	Tengo la motivación
Descripción	Se le ha ocurrido una idea nueva que puede impactar el mundo positivamente, o una idea que puede mejorar un proceso existente con el que está familiarizado y que desea implementar.	Tiene un avance tecnológico y quiere acelerar su desarrollo para generar un efecto positivo en la sociedad. O bien, ha aprendido sobre un avance tecnológico y visualiza un gran potencial.	Tiene la confianza, comodidad y motivación para desarrollar sus habilidades al máximo para impactar positivamente el mundo, pero no tiene una idea o tecnología clara en la cual trabajar.
Ejemplo de cita	<i>"Quiero fabricar un plástico biodegradable usando bacterias para reducir el uso del plástico fósil."</i>	<i>"Tengo una bacteria modificada genéticamente capaz de convertir los gases de efecto invernadero en plástico de manera rápida."</i>	<i>"Acabo de egresar como Ingeniero en Biotecnología y aprendí a modificar genéticamente microorganismos vivos. Quiero aportar al mundo con mis habilidades de la mejor manera posible."</i>

Es recomendable que te tomes un par de minutos para leer las descripciones de la tabla anterior y realizar un pequeño ejercicio de reflexión personal. De esta manera, podrás identificar en cuál de los tres estados te encuentras.

Según Aulet, tener una idea o una tecnología, correspondería a un estado en el que es posible iniciar el desarrollo de un emprendimiento, ya que el tipo de idea o de tecnología te entrega un marco de trabajo para las etapas siguientes. Por otro lado, tener motivación es muy necesario, pero no es suficiente para las próximas etapas. Por este motivo, si te encuentras en este último estado debes encontrar alguna idea que esté alineada con tu propia motivación antes de continuar a la siguiente sección. Para esto se te propone realizar un segundo ejercicio de reflexión personal, pero más extenso, guiado por las preguntas de la Tabla 17. Cabe destacar que si ya tienes una idea, o una tecnología, también puedes realizar esta reflexión (y se recomienda altamente), ya que favorece el autoconocimiento, un elemento considerado como relevante para aumentar las probabilidades de éxito del emprendimiento [107].

Si bien puedes realizar este ejercicio de manera individual, se te recomienda llevar a cabo algunas reflexiones con posibles co-fundadores del emprendimiento, ya que de esta manera pueden ir conociéndose desde el principio para armar un primer equipo de trabajo.

Tabla 17: Cuestionario básico para realizar el ejercicio de reflexión personal.

Cuestionario básico de preguntas
<ul style="list-style-type: none">• ¿Por qué quieres emprender?• ¿Cuáles son tus mejores fortalezas?• ¿Cuáles son tus peores debilidades?• ¿Qué te encanta realizar al punto de que lo harías sin retribución alguna?• ¿En qué ámbito de la biotecnología creerías tener un buen desempeño?• ¿Conoces personas que puedan ayudarte en el área tu interés?• ¿Tienes el tiempo suficiente para dedicarle esfuerzo a tu futuro proyecto?• ¿Cómo te proyectas en los próximos 6 y 12 meses?• ¿Cuál crees que es tu aporte o rol en el mundo o en la sociedad?• ¿Cómo te imaginas que debería ser el mundo en el futuro?

El propósito de este ejercicio es lograr que realices un balance de tus intereses personales, de tus fortalezas y de tus debilidades, que puedan sugerir un ámbito potencial de trabajo para tu emprendimiento.

Te puede tomar de un par de semanas a un par de meses realizar esta reflexión, pues depende de la profundidad de análisis que necesites y quieras otorgarte. Por lo tanto, cabe mencionar que no es necesario restringir el ejercicio de autoconocimiento sólo a las preguntas del cuestionario propuesto. Puedes complementar el proceso con indagación bibliográfica de temáticas de interés, con conversaciones con pares o con lecturas que puedan nutrir la reflexión.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida una vez que se hayas identificado una primera idea que direcciona el emprendimiento biotecnológico que deseas iniciar. Concretamente, deberías ser capaz de estructurar una pequeña frase que responda a la siguiente pregunta *¿En qué área me podría manejar bien para aportar con algo que me guste hacer por un período prolongado de tiempo?*, pues la respuesta formulada entrega un marco de trabajo para las próximas etapas.

Lecturas sugeridas

- C. Otto Scharmer. Theory U: Leading from the Future as It Emerges. 2016. 536p
- Sir Ken Robinson. El Elemento. 2012. 360p

F.3. Etapa N°2 - Formar un equipo de trabajo

La historia se ha encargado de demostrar la importancia que tiene el trabajo en equipo para superar grandes desafíos independientemente del área que se estudie. Por ejemplo, de la revolución de la computación [25] se pueden extraer varias historias que respaldan esta afirmación, donde las conocidas empresas Intel, Microsoft, Apple o Google fueron capaces de constituir equipos interdisciplinarios de trabajo que lograron complementar sus personalidades, puntos de vistas y habilidades para crear grandes proyectos. En el caso de la biotecnología, se tiene el ejemplo de Genentech, empresa que inicialmente fue fundada por Herb Boyer, un profesor de la Universidad de California y por Bob Swanson, un joven emprendedor. Sin embargo, actualmente consta de un equipo de trabajo de más de 10.000 personas [109].

De esta manera, pensar en los co-fundadores del emprendimiento es el primer paso de la formación del equipo de trabajo. Como se puede apreciar en la Figura 27, esta es una etapa que abarca todo el proceso, pues la formación, mantención y crecimiento del equipo es un proceso dinámico e iterativo expuesto a distintos factores tanto internos (discusiones, cambios en la temática del proyecto, conflictos de intereses), como externos (nuevas regulaciones, presiones del entorno), que van apareciendo a medida que se avanza con el proyecto. Por esta razón, es necesario que los equipos sean capaces de adaptarse rápidamente para enfrentar los desafíos surgidos en el camino. Esto incluye tareas como ampliar el equipo de trabajo para integrar habilidades que no se poseen como grupo, o incluso en evaluar el aporte de los miembros ya existentes. Por ejemplo, si la temática del emprendimiento corresponde a salud, puede requerirse personal específico y capacitado en dicha área para el buen avance del proyecto.

En la Tabla 18 se pueden apreciar algunas sugerencias para la formación y posterior mantención de un buen equipo de trabajo en el marco de un emprendimiento biotecnológico.

Tabla 18: Recomendaciones para el buen desempeño de un equipo de trabajo.

Recomendaciones para el equipo de trabajo
<p>Perfil del equipo. Formado por personas que posean valores, intereses y personalidades similares, pero que a la vez sean diversas en experiencias, disciplinas y conocimientos, para ser capaces de combinar respetuosamente sus habilidades en función del objetivo del proyecto. Para esto es importante conocerse previamente con dichas personas, propiciando instancias para compartir sus experiencias. Se recomienda realizar el ejercicio de reflexión de la Tabla 17 en conjunto con las personas que posiblemente sean parte del emprendimiento.</p> <p>Con el tiempo es necesario evaluar estratégica y constantemente su composición para mantener un equipo eficiente. Por un lado, para evaluar la presencia y aporte de los miembros ya existentes y, por otro lado, para evaluar la incorporación de personas que posean habilidades complementarias para el proyecto, por ejemplo, si la temática del emprendimiento corresponde a salud, sería pertinente considerar la inclusión de personal específico y capacitado en dicha área.</p> <p>Definir roles. Esta acción permite darle claridad a las tareas y responsabilidades de cada miembro del grupo comprometido con el objetivo del proyecto. En un inicio las descripciones de los roles suelen ser generales cuando existen pocos miembros, pero a medida que el equipo de trabajo crece es necesario ir detallando los roles con mayor especificidad para evitar superponer responsabilidades que pueda conllevar malentendidos a futuro. Para el equipo inicial, se sugiere que esté formado por al menos 2 o 3 personas que sean capaces de suplir las siguientes áreas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Área Técnica: persona que maneje el conocimiento técnico propio del rubro del proyecto para liderar el diseño y desarrollo experimental y/o ingenieril del proyecto.• Área Comercial y Financiera: persona que se encargue de liderar las necesidades de capital de los proyectos, de la inversión, de los productos y/o servicios y de las presentaciones en concursos o ante inversionistas• Área Operativa: persona que se encargue de liderar las tareas rutinarias y logísticas del proyecto como asegurar que no falten los reactivos ni el equipamiento ni el lugar de trabajo necesario, es decir, que todo esté en norma para el buen desarrollo del proyecto. <p>Asesores o mentores: Adentrado en el proyecto, es recomendable incluir al equipo de trabajo personas con mayor experiencia que puedan actuar como mentores para colaborar en distintas aristas del proyecto.</p>

Mantener una comunicación constante y efectiva. En el equipo de trabajo deben evitarse las barreras que impidan una comunicación fluida, constante y sincera con todos los miembros, pues cuando existen problemas de comunicación comienzan a aparecer distintos problemas en las relaciones de los integrantes que perjudican el desarrollo del proyecto. Si esto llega a ocurrir, una buena oportunidad para solucionar los problemas es realizar un encuentro “cara a cara” donde cada miembro, de manera transparente y respetuosa, pueda comunicar sus inquietudes y disgustos. Esta dinámica también puede aplicarse de manera periódica dentro del equipo de trabajo para anticiparse a probables roces que puedan surgir con el tiempo.

Reglas claras. Ligado al ítem anterior, en ocasiones los emprendimientos decaen cuando las relaciones internas del equipo se vuelven tensas. Esto principalmente ocurre cuando no se acuerdan desde un inicio las reglas de convivencia o de retribución de los miembros del equipo. Cuando no hay reglas claras que normen las relaciones del equipo, se aumentan las probabilidades de que las discusiones futuras sean difíciles de resolver pues es posible que cada integrante trate de sostener sus argumentos desde sus propios intereses al no existir registro explícito de los acuerdos previos del equipo. Por esta razón, es recomendable desde un inicio dejar escrito las reglas que normen la convivencia futura del equipo, considerando aspectos como responsabilidades de los roles, maneras de repartir la retribución cuando el emprendimiento es exitoso y los costos cuando no lo es, qué hacer cuando uno de los miembros no cumple sus funciones, los valores y objetivos del equipo, entre otros.

Hito de éxito

Para considerar concluida esta etapa de manera preliminar; con el tiempo se deben integrar más personas, debes lograr la formación de un equipo de al menos 3 personas con valores y personalidades comunes que puedan suplir los tres roles principales de un emprendimiento: técnico, comercial-financiero y operativo. Adicionalmente, deben dejar claramente registrado cuáles serán las tareas específicas de cada miembro y proyectar las primeras normas de convivencia que tendrán a futuro para evitar posibles conflictos cuando el equipo crezca.

Lecturas sugeridas

- York et al. Building biotechnology teams: Personality does matter. Journal of Commercial Biotechnology. 15(4): 335-346. 2009.

F.4. Etapa N°3 - Identificar una problemática

Esta parte del proceso corresponde a la continuación de la etapa N°1 donde identificaste una primera idea para tu emprendimiento biotecnológico. Principalmente requiere de la máxima observación y exploración del entorno para comprender el contexto tanto temporal como geográfico en el que estás inserto con tu grupo. De esta manera, pueden identificar distintas problemáticas, u oportunidades de mejora, que estén impactando a alguna comunidad determinada.

Es de suma importancia que realicen a conciencia esta etapa, pues uno de los errores comunes de los emprendedores es anticipadamente proponer una solución, previo a conocer completamente la realidad del verdadero problema que se busca resolver con dicha solución.

Esta etapa consta de 3 pasos principales, que se pueden apreciar esquemáticamente en la Figura 36:

- I. Segmentar mercados:** corresponde a buscar y escoger posibles oportunidades de mercado de la idea identificada.

- II. **Explorar y analizar mercados:** proceso mediante el cual se busca conocer y empatizar con las personas que son parte de los mercados escogidos para comprender las problemáticas que los afectan.
- III. **Seleccionar un mercado:** luego del análisis, se escoge un solo mercado para focalizar el trabajo de las próximas etapas.

Además, para esta etapa les será de utilidad tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Usuario:** corresponde a las personas que efectivamente hacen uso del producto o servicio que resuelve su necesidad.
- **Cliente:** corresponde al ente que paga por el producto o servicio. En ocasiones puede coincidir con que sea el mismo usuario final, pero no necesariamente es así. Por ejemplo, un centro de investigación (cliente) puede comprar los reactivos necesarios a una empresa proveedora, pero quienes efectivamente hacen uso de los reactivos son los investigadores (usuario final) contratados por el centro.
- **Oportunidad de mercado:** consiste en un conjunto específico de usuarios y una o más tipos de aplicaciones posibles que dicho usuario podría ejecutar.

I. Segmentar mercados: para esta parte del proceso es útil llevar a cabo una dinámica de lluvia de ideas. Básicamente, esta dinámica consta de dos fases, en la primera se debe ser capaz de generar el mayor número de ideas posibles en torno al tema en cuestión, siendo lo más creativo y abierto de mente posible y evitando los prejuicios y críticas sobre las ideas que surjan el proceso. En la segunda fase se agrupan y clasifican las ideas generadas con el propósito de acotar los ámbitos de acción. De esta manera, para identificar distintas posibilidades de mercado de la idea definida previamente, se recomienda ejecutar los pasos presentados en la Tabla 19.

Tabla 19: Pasos para la dinámica de lluvia de ideas.

Fase uno: Explosión de ideas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Empezar identificando potenciales industrias para la idea o tecnología. 2. Listar quien podría beneficiarse en cada industria con la idea o tecnología, focalizándose en usuarios más que en clientes. 3. Identificar las diferentes tareas en que se desempeñan los usuarios. 	<p>El resultado esperado de esta fase es obtener distintas subdivisiones por industria identificada, semejantes a las raíces de un árbol.</p>
Fase dos: Acotación de ideas	
<ol style="list-style-type: none"> 4. Escoger entre 6 y 12 oportunidades de mercado de interés, apoyándose de los siguientes criterios de decisión: <ol style="list-style-type: none"> a. En dicho mercado, ¿El usuario identificado tendría una razón de peso y el dinero suficiente para comprar tu propuesta de solución versus la de la competencia? b. En dicho mercado, ¿Podrías ser capaz de desarrollar un producto completo y funcional que resuelva la problemática del usuario? c. En dicho mercado, ¿Es alto el número de empresas existentes que puedan competir con tu producto? d. En dicho mercado, ¿Existirían oportunidades de expansión a mercados adyacentes y similares que no requieran modificaciones significativas a tu producto? e. Dicho mercado, ¿Es consistente con los principios, motivaciones y objetivos del equipo de trabajo? 5. Ordenar de mayor a menor preferencia los mercados escogidos. 	

A priori, no es absolutamente necesario que los mercados escogidos cumplan con todos los criterios, ya que probablemente no se tenga completa certeza de las respuestas. Es usual que en esta etapa las respuestas se basen en suposiciones del equipo. No obstante, posteriormente estos supuestos deben ser verificados mediante estudios de mercado. Es recomendable tomarse el tiempo necesario dentro del equipo para discutir y decidir los posibles mercados, pues en el próximo paso se invertirá tiempo en estudiar cada uno. Por esta misma razón, el número de mercados sugeridos puede variar dependiendo de la disponibilidad de tiempo y recursos del equipo.

Para guiar el proceso descrito anteriormente, a continuación se presenta un ejemplo sencillo de segmentación a partir de la idea descrita en la Tabla 16, resumida como “*Quiero fabricar un plástico biodegradable usando bacterias*”. Este ejemplo se muestra en la Figura 31 para la industria del *packaging*, uno de los sectores potenciales en donde podría evaluarse el uso de un plástico biodegradable.

Cabe destacar que el ejemplo es meramente ilustrativo y no contempla una segmentación profunda de la industria. De hecho, este ejercicio también debería extrapolarse a otros tipos de sectores tales como la industria de la impresión 3D, industria médica (uso de prótesis), industria textil (fibras sintéticas), entre otras.

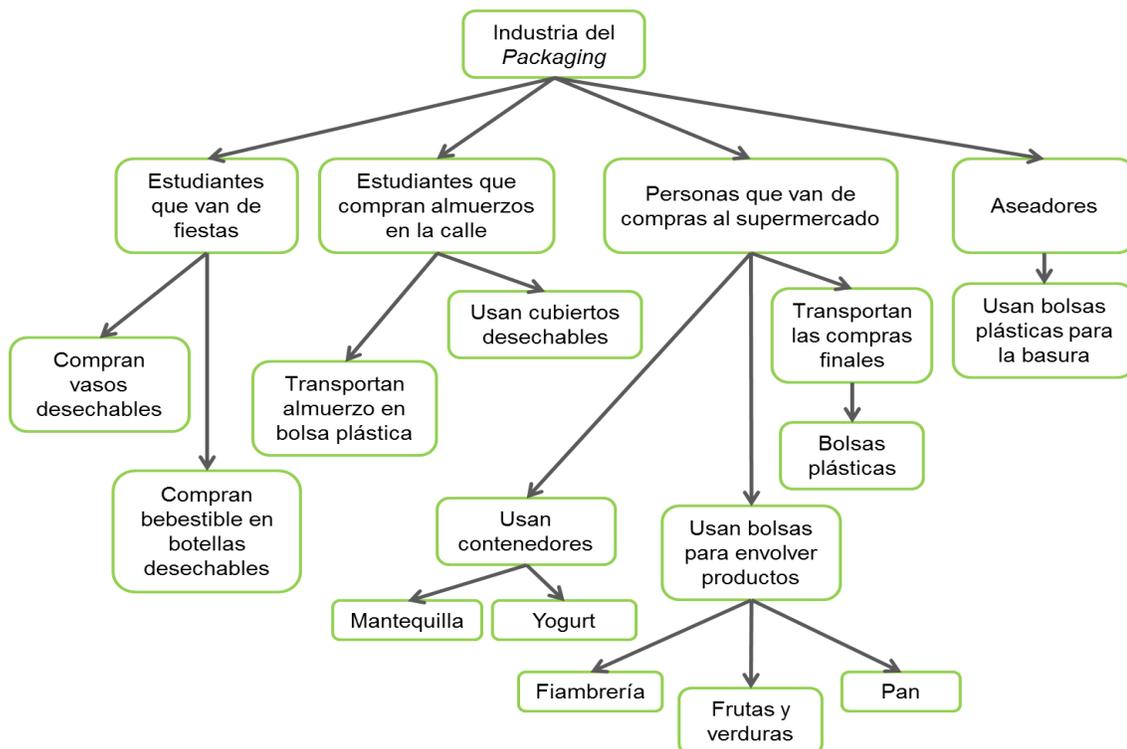


Figura 31: Ejemplo de segmentación de mercado para la industria del *packaging*.

II. Explorar y analizar mercados: una vez seleccionados los mercados de interés, con tu equipo deben realizar estudios que permitan observar, explorar y conocer el contexto real de dichos mercados. Es una etapa esencialmente de trabajo en terreno, ya que requiere obtener información valiosa directamente de las personas involucradas, y no sólo de Internet. Así, pueden comprender las posibles problemáticas que estén afectando a los usuarios identificados en los mercados escogidos. Además, es la instancia oportuna para validar las suposiciones que tenga el equipo sobre los usuarios.

Para llevar a cabo los estudios existen diversos instrumentos de apoyo que permiten levantar información, tanto cualitativa y cuantitativa, entre los que se encuentran:

- **Encuesta:** consiste en un cuestionario de preguntas elaboradas de acuerdo a las variables que se desean medir en el estudio. Usualmente las encuestas constan de preguntas cerradas con alternativas predefinidas o en escala de Likert, y con la información obtenida frecuentemente se realizan análisis cuantitativos. Este instrumento puede ser aplicado mediante correo electrónico, por teléfono, usando una plataforma web o de manera presencial.
- **Entrevista:** consiste en un cuestionario de preguntas, aplicado de manera presencial e individual a la persona de quien se pretende obtener información. Las entrevistas suelen ser estructuradas, semiestructuradas o abiertas, dependiendo del grado de exploración deseado, y frecuentemente son usadas para realizar análisis cualitativos. En general, se realiza un registro auditivo de las entrevistas para posterior análisis de la información.
- **Grupo Focal:** similar a una entrevista, pero se basa en un cuestionario de preguntas aplicadas de manera presencial a un grupo pequeño, usualmente de 4 a 8 personas. Tiene la ventaja de poder analizar dinámicas y comportamientos que sólo surgen en grupos. Suele dejarse un registro auditivo, pero en ocasiones también se deja un registro visual para posteriormente estudiar las dinámicas presentadas con mayor detalle.
- **Observación:** es una herramienta que permite explorar un contexto determinado, mediante la observación del ambiente físico, ambiente social y de las actividades individuales y/o colectivas que en dichos ambientes realizan los distintos actores. Permite comprender los procesos e interacciones que se dan entre personas, facilitando la identificación de potenciales problemáticas. Básicamente requiere mucha atención y empatía, registrando los aspectos más relevantes. También pueden realizarse grabaciones audiovisuales del contexto para posteriormente analizar las dinámicas presentadas con mayor detalle.

En general, el procesamiento de la información obtenida varía dependiendo del instrumento utilizado (revisar bibliografía en lecturas sugeridas). No obstante, el objetivo central es que presten atención a los principales patrones que vayan apareciendo al momento de analizar en la información levantada. De esta manera, independientemente de los instrumentos que utilicen, el estudio de cada mercado seleccionado debería ser capaz de responder, al menos, a las preguntas sugeridas en la Tabla 20.

Tabla 20: Preguntas básicas que debe responder el primer estudio de mercado.

Cuestionario de apoyo para el primer estudio de mercado
<ul style="list-style-type: none">• ¿Quién específicamente es la persona que tiene el problema?• ¿Qué necesidades tienen las personas del mercado escogido?, ¿Cuál es el problema que los afecta?• Desde la perspectiva del usuario, ¿Qué productos similares existen actualmente que solucionan su problema? ¿Qué usos les dan? ¿Cómo mejoran su situación actual?• ¿Cómo se vería beneficiado el usuario por usar tu producto?• De acuerdo a tu idea de proyecto, ¿Cuál sería el tamaño estimado del mercado?, es decir, ¿Cuántos usuarios potenciales existen?• ¿Qué otros actores están presentes en dicho mercado con los cuales tendrías que relacionarte para ser capaz de proveer una solución?

La duración de la exploración y análisis de los mercados escogidos podría tomar un par de semanas si le dedican atención completa a este asunto. Sin embargo, dependerá fuertemente de la eficiencia del equipo para obtener la mayor información posible.

Cabe destacar que el estudio de mercado es preliminar, no tiene que ser perfecto, por lo que deben evitar quedarse atrapado en esta etapa para poder continuar con las restantes. Un criterio de suficiencia para detener el estudio podría ser cuando empieza a ser visible la saturación (o tendencia) de las respuestas después de cierto número de personas consultadas. Por ejemplo, al estudiar el mercado de los estudiantes que van de fiestas (Figura 31), podría obtenerse preliminarmente lo mostrado en la Tabla 21.

Tabla 21: Ejemplo de resultado que podría desprenderse luego de estudiar el mercado de los vasos plásticos comprados por estudiantes que van de fiestas.

Ejemplo
<i>“La gran mayoría de los estudiantes que van a fiestas prefiere usar vasos plásticos en vez de vasos de vidrio para servirse un bebestible por el par de horas que dure la fiesta, pues es más sencillo el transporte, al finalizar la fiesta no es necesario lavarlos (son desechables) y, si se rompen, el costo y peligro es menor que si fuesen de vidrio. Adicionalmente, se encuentra que la gran mayoría estaría dispuesto utilizar vasos de plástico biodegradable pues no interfiere mayormente en el uso que ellos le dan y, además, les gustaría contribuir de alguna manera a disminuir la contaminación generada por los plásticos de origen fósil que impacta negativamente su entorno. No obstante, a pesar de existir en el mercado una alternativa biodegradable, argumentan que no la prefieren, porque es considerablemente más costosa que la opción tradicional, de acuerdo a su presupuesto promedio.”</i>

III. Escoger un mercado: luego de los estudios realizados en el paso anterior, con tu equipo estarían en condiciones de seleccionar aquel mercado que presenta la mejor oportunidad para desarrollar tu potencial emprendimiento. Para realizar esta selección, puede ser útil volver a utilizar los criterios de decisión entregados en la Tabla 19 (fase dos). Pareciera ser una decisión apresurada, pero está comprobado que de esta manera los equipos focalizan sus esfuerzos, aumentando las probabilidades de éxito. En ocasiones, algunos grupos de trabajo escogen más de un mercado para ampliar sus opciones, pero esto va en desmedro de los esfuerzos del equipo. Si es primera vez que emprendes, es recomendable que escojan un mercado pequeño en el cual puedan obtener experiencia rápidamente, pues en mercados más grandes la presencia de muchos competidores es obstáculo.

Posterior a la elección, probablemente sea necesario que vuelvan a segmentar el mercado de manera más detallada (revisar Tabla 19), pues con la información levantada en el paso anterior pueden haber aparecido aspectos relevantes que no se consideraron en la primera segmentación. Esta división de mercados es suficiente cuando se cumplen que los clientes y/o usuarios dentro del mercado compran productos similares, esperan que el producto les provea valor de maneras similares, se les puede vender el producto de manera similar y se recomiendan el producto “boca a boca”. Es decir, un criterio de suficiencia de la segmentación sería cuando se tenga bien definido un mercado donde existan clientes y/o usuarios potenciales homogéneos.

Para ilustrar este paso, se muestra en la Tabla 22 un ejemplo que continua el desarrollo del caso presentado anteriormente en la Tabla 21.

Tabla 22: Problemática detectada en el mercado de los vasos plásticos comprados por estudiantes que van de fiestas.

Ejemplo
<p>Mercado escogido: Estudiantes que compran vasos plásticos para servirse un bebestible durante las fiestas. Dado el alto número de estudiantes que existen en Chile, existiría una gran oportunidad para reemplazar los vasos plásticos tradicionales por versiones biodegradables, pues la mayoría de los estudiantes estarían conscientes de la contaminación ambiental que genera el uso de vasos plásticos fósiles y estarían dispuestos a comprar vasos biodegradables para reducir el daño, ya que no les preocupa el tipo de plástico que componga el vaso mientras siga siendo seguro y cumpliendo su función.</p> <p>Problemática detectada: A pesar de que los estudiantes tienen la disposición a adquirir vasos plásticos biodegradables para sus fiestas, no compran las alternativas actuales que existen en el mercado debido a su alto costo en comparación a las versiones de vasos tradicionales.</p> <p>Posible nueva segmentación: Del estudio realizado en el paso anterior, se encontró que los usuarios de este mercado podrían subdividirse en estudiantes escolares y estudiantes universitarios. De la misma manera, estos últimos podrían ser divididos según la carrera que estudian, por edad, por la frecuencia de asistencia a fiestas, entre otras.</p>

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando el equipo de trabajo logra identificar y comprender una problemática, u oportunidad, en el mercado escogido, mediante el uso de uno o más instrumentos para el levantamiento de información: entrevistas, encuestas, grupos focales, observación, etc. Es decir, se debe lograr validar, al menos cualitativamente, la existencia de una problemática u oportunidad real que esté afectando a un conjunto de usuarios determinado.

Lecturas sugeridas

- R. Sampieri, C. Fernandez-Collado, P. Baptista. Metodología de la investigación. 4^a ed. México. McGraw-Hill. 2006. 850p.
- B. Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p.

F.5. Etapa N°4 - Validar una propuesta de solución

Habiendo identificado claramente la existencia de una problemática u oportunidad en el mercado escogido, el paso siguiente es validar una propuesta de solución antes de invertir esfuerzo y financiamiento en el diseño e implementación de tu proyecto, pues en caso contrario corres el riesgo de desarrollar una solución (producto o servicio) que eventualmente no sea de interés para nadie.

Esta etapa consta de varios pasos (Figura 36) que pueden ser englobados en 3 partes principales:

- I. Generar una propuesta de solución:** consiste en concebir una propuesta preliminar de solución biotecnológica al problema u oportunidad identificado anteriormente.
- II. Estimar el tamaño potencial del mercado:** realizando un segundo estudio de mercado para conocer mejor a tus usuarios, debes estimar cuántos harían uso de la solución propuesta y la cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar.

III. Definir el perfil del usuario objetivo: usando la información recopilada, debes crear un perfil característico de tu usuario objetivo, es decir, de la persona en particular que mejor represente a los usuarios del mercado en estudio.

I. Generar propuesta de solución: la creatividad ha sido la impulsora de grandes avances de la humanidad. Dada esta capacidad, probablemente en el proceso de identificación y comprensión de la problemática se fueron formando las primeras ideas de solución. Este es el momento para aterrizar dichos pensamientos con el fin de concebir una primera propuesta de solución, sin ahondar en los detalles técnicos por ahora.

De acuerdo a la Figura 36, debes partir realizando una revisión del estado del arte sobre cómo se resuelve actualmente la problemática que buscas resolver. Esto te nutrirá en torno al contexto general del mercado, así evitas desarrollar algo que ya haya sido creado. Además, en este proceso puedes descartar y anticipar posibles conflictos de propiedad intelectual durante el desarrollo de tu proyecto, si es que como equipo pretenden basar su modelo de negocios en una patente. Se te sugiere que navegues por las distintas bases de datos (Tabla 23) que se han creado para centralizar las patentes otorgadas y las que están en proceso de otorgación. Adicionalmente, si estas realizando un emprendimiento que tenga relación con algún Proyecto de Investigación que esté a cargo de un investigador o académico de la Universidad de Chile, deberías leer el Reglamento de Innovación de la Universidad (revisar bibliografía en lecturas sugeridas).

Es buena práctica realizar revisiones frecuentes a medida que se va profundizando en el proyecto, pues permite mantenerte actualizado y obtener información valiosa. Así que también puedes revisar artículos científicos o bases de datos de biología sintética que puedan influir la concepción de tu propuesta de solución biotecnológica.

Tabla 23: Bases de datos para revisar el estado del arte.

Bases de datos de propiedad intelectual
Artículos científicos: existen distintas revistas científicas que puedes revisar por la web, por ejemplo, usando el buscador que proporciona Google. [https://scholar.google.com]
Base de datos de proyectos de biología sintética: existe una página que recopila todos los proyectos de biología sintética que se presentan anualmente en la competencia iGEM. Contiene cientos de proyectos interesantes que podrían servirte de orientación para la concepción de tu propuesta de solución. [http://igem.org/Previous_iGEM_Compétitions].
Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI): es el organismo encargado de la administración y atención de los servicios de la propiedad industrial en Chile. Le corresponde, asimismo, promover la protección que brinda la propiedad industrial y difundir el acervo tecnológico y la información de que dispone. [http://www.inapi.cl/].
Otras plataformas para la búsqueda de propiedad intelectual: buscador de la Oficina Mundial de la Propiedad Intelectual [patentscope.wipo.int], buscador de la Oficina de Patentes Europea [worldwide.espacenet.com], buscador para patentes de América Latina y España [p.espacenet.com/].

Posteriormente, con tu equipo deben estructurar su propia solución, discutiendo posibles ideas internamente para lo cual puede ser útil realizar una lluvia de ideas. Sin embargo, también se les sugiere ampliar la discusión a personas externas al equipo,

por ejemplo profesores o compañeros, que pudieran entregarles retroalimentación valiosa para la propuesta de solución.

En ocasiones suele comentarse que ésta no es una buena práctica, ya que se correría el riesgo de que la idea sea robada por otra persona. No obstante, está demostrado que para lograr un emprendimiento exitoso no basta con poseer sólo la idea, puesto que la sola idea en sí no posee valor. El éxito se logra cuando el equipo construye valor sobre dicha idea, con mucho esfuerzo, dedicación y rapidez para lograr convertirse en una propuesta acabada bien recibida por los usuarios que se busca satisfacer. Por ejemplo considera el éxito que tuvo la empresa Apple con el dispositivo iPod. No fueron los primeros en lanzar al mercado un reproductor de música personal, pues previamente existían otras opciones como el Walkman fabricado por la empresa Sony. Sin embargo, el equipo de Apple trabajó rápida y arduamente en crear un dispositivo que satisficiera mejor las necesidades de los usuarios [25].

Se espera que esta propuesta de solución sea bastante general, es decir, sin ahondar en detalles técnicos, puesto que es parte de las próximas etapas, y que esencialmente se sostenga sobre la problemática identificada en la sección anterior

Teniendo armada la propuesta, es necesario que con tu equipo realicen una primera evaluación de impactos de la eventual implementación del proyecto, pues es parte crucial de un proyecto mitigar al máximo los posibles efectos negativos que pudieran surgir. De hecho, si el balance de impactos es más negativo que positivo, deberían reformularse la propuesta, ya que no sería ético de su parte implementarla. Idealmente deberían realizar una evaluación de impactos sustentable, es decir, evaluar cómo se verían impactados, tanto positiva como negativamente, los actores del ámbito social, medioambiental y económico, integrando los aspectos de bioseguridad y bioética. Para guiar esta evaluación, podrían basarse en las preguntas de la Tabla 24, pero el análisis no debe limitarse sólo a éstas.

Tabla 24: Preguntas básicas para iniciar la evaluación de impactos.

Cuestionario de apoyo para la evaluación de impactos
Considerando que tu solución a proponer se basará en organismos manipulados genéticamente, <ul style="list-style-type: none">• ¿Qué ocurriría si éstos escapan al ambiente?• ¿Qué sucedería si alguien consume o entra en contacto con la bacteria?• ¿Tu propuesta, sería más o menos accesible que las soluciones actuales?• ¿Qué situaciones no esperadas podrían ocurrir a futuro?• ¿Existen más impactos positivos o negativos?• ¿Se podrían mitigar fácilmente aquellos impactos negativos?

II. Estimar el tamaño potencial del mercado (TPM): si no existen impactos negativos significativos, de acuerdo a la Figura 36, como equipo deben realizar una segunda investigación de mercado para ahondar en las características del usuario que haría uso de tu propuesta de solución: ¿Quiénes son específicamente?. Para esto les pueden servir de guía las preguntas de la Tabla 25.

Tabla 25: Preguntas básicas que debe responder el segundo estudio de mercado.

Cuestionario de apoyo para el estudio de mercado	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Son hombres o mujeres? • ¿En qué rango de edad se encuentran? • ¿Cuánto ingreso tienen al mes? • ¿Son de algún lugar geográfico específico? • ¿Cuáles son sus gustos y disgustos? • ¿Cuál es su rutina promedio? • ¿Harían uso de tu solución? 	

Con esta nueva información, sumada a la encontrada en el primer estudio de mercado, deberían ser capaces de crear un primer perfil característico de los potenciales usuarios que se verán beneficiados para estimar cuántos son los usuarios específicos que harían uso de tu propuesta de solución, además de determinar cuánto dinero estarían dispuestos a pagar por ella, para así determinar el TMP usando la ecuación (5).

La importancia de esta caracterización radica en que ayuda a que el producto que se vaya diseñar posteriormente cumpla con sus expectativas, de otro modo, el producto no será comprado. Esto, principalmente debido a que la solución propuesta, puede no satisfacer exactamente de la misma manera las necesidades de un grupo de usuarios jóvenes que de un grupo de usuarios adultos, a pesar de que a ambos grupos los esté afectando a misma problemática. Así que es probable que pueda ser necesario acotar aún más tu mercado escogido para focalizar el trabajo de tu equipo.

Por ejemplo, siguiendo el caso ilustrativo de la Tabla 22, se podría obtener que la solución propuesta es más pertinente para aquellos estudiantes entre los 18 y 22 años de edad, pues en promedio van de fiestas 3 veces más que los estudiantes de 23 a 25 años, consumiendo mayores cantidades de vasos plásticos. En otras palabras, es un mercado más llamativo por su tamaño potencial en comparación al mercado de los estudiantes de 23 a 25 años.

$$TPM = NUP \cdot DaP \quad (5)$$

donde,

<i>TPM</i>	Tamaño Potencial del Mercado	[USD/año]
<i>NUP</i>	Número de Usuarios Potenciales	[]
<i>DaP</i>	Disposición a Pagar por el usuario potencial al año	[USD/año]

Si el resultado del TPM se encuentra entre los 20 y 100 millones [USD/año], en general se considera que el mercado es lo suficientemente grande para a futuro desarrollar un emprendimiento sustentable. En otras palabras, valida que existen personas interesadas en comprar la solución. Si el TMP es menor, es un indicio de que no se ha identificado un mercado lo suficientemente grande, por lo que, se debería reconsiderar el mercado escogido.

Es crucial realizar esta estimación pues entrega una primera aproximación cuantitativa que valida la propuesta de solución generada, reduciendo el riesgo de levantar un emprendimiento sustentable en el tiempo.

III. Definir el perfil del usuario objetivo: una vez estimado un mercado lo suficientemente grande para desarrollar la solución, el paso siguiente es discutir entre todo el equipo cuál es el perfil de la persona que mejor representa a los usuarios del mercado en estudio de acuerdo a la información recopilada en los estudios previos y al perfil característico diseñado en el paso anterior.

Para crear este perfil del usuario objetivo, se recomienda crear una planilla con información específica de dicha persona, incluyendo, por ejemplo, datos acerca de su vida (fecha de nacimiento, educación, familia, edad, etc.) y de su trabajo (en qué empresa trabaja, qué cargo tiene, cuánto es su sueldo aproximado, etc.). Toda esta información les servirá, en las próximas etapas, para diseñar la solución que mejor se ajuste a las necesidades de tus usuarios. Incluso, suele realizarse una representación gráfica o un esquema con las características principales de la persona para difundirla por todo el equipo y dar claridad del público objetivo para el que se trabaja, permitiendo focalizar los esfuerzos del equipo en aquellas tareas que sí generarán valor para el usuario.

Cabe destacar que la construcción del perfil de esta persona es un proceso que se adapta a medida que se va obteniendo nueva información, por lo tanto, la primera versión no necesariamente será perfecta. El equipo debe evitar quedarse atrapado en esta etapa para continuar a la siguiente sección.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando principalmente se logra validar, calculando el TPM, un mercado potencial suficientemente grande para desarrollar un emprendimiento sustentable. Adicionalmente, se considera importante la creación del perfil de aquella persona que mejor representa a los usuarios del mercado seleccionado, pues facilita la focalización de las posteriores tareas del equipo.

Lecturas sugeridas

- Reglamento de Innovación de la Universidad de Chile (Decreto Exento N°009577). Santiago de Chile. 2015. 9p.
- Ricardo Lopez. La creatividad. 2ª ed. Santiago de Chile. Editorial Universitaria. 2008. 128p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 3 al 5)

F.6. Etapa N°5 – Establecer el modelar el negocio

Un 52% de los emprendimientos falla por problemas en el modelo de negocio diseñado [110]. Por esta razón es de suma importancia establecer un modelo de negocios robusto que mejor se ajuste a tu emprendimiento, pues a fin de cuentas, éste debe ser sustentable en el tiempo.

Debido a las particularidades de los proyectos en biotecnología, se considera pertinente dividir esta etapa en dos fases temporales distintas tal como se aprecia en la Figura 27:

- I. **Modelo de negocios primera parte:** esta fase está centrada en definir la propuesta de valor que se entregará al usuario, definiendo el perfil y el ciclo de uso del producto asociado a la propuesta de solución.
- II. **Modelo de negocios segunda parte:** esta segunda fase está centrada en terminar de establecer la estrategia de tu modelo de negocios, de acuerdo a cómo quiere proseguir tu equipo a futuro.

8.1.1.1 Modelo de negocios primera parte

Si observas la Figura 37, esta primera parte puede englobarse en 3 pasos principales:

I. Definir el perfil del producto: Este paso consiste en que sean capaces de definir las especificaciones del producto y realizar un primer bosquejo de su apariencia. Para ello es importante describir las distintas características del producto y su función, resaltando y explicando claramente cuáles son los beneficios que obtiene el usuario por cada una de las características y funciones ofrecidas en el producto. Para realizar esta tarea, es útil tener en cuenta la pregunta ¿Por qué tu usuario objetivo necesitaría tu producto?.

La ventaja de crear este primer bosquejo que puede manifestarse en formato de folleto, es que una representación gráfica genera un claro entendimiento del producto que se busca crear, actuando como una herramienta de focalización de los esfuerzos del equipo, pues el objetivo se vuelve visual. Por otro lado, un folleto es fácilmente compartible entre potenciales usuarios y/o clientes, quienes pueden entregar *feedback* muy valioso y directo sobre las fortalezas y debilidades de las especificaciones del producto para entender realmente qué es lo que requiere el usuario. Con esta información pueden iterar para ir mejorando la propuesta a lo largo del emprendimiento.

Es importante observar que el propósito de este paso es la simple creación de un folleto. No se pretende que en esta etapa construyan un prototipo o una maqueta del producto, pues esto suele generar distracciones y costos innecesarios para el equipo, traducidos en gasto de tiempo, dinero y horas de trabajo. Más adelante será el momento adecuado para materializar el producto completamente.

II. Determinar el ciclo de uso: para este paso es necesario contar con el bosquejo y especificaciones del producto, plasmadas en un folleto. Con éste deben determinar cuál es el ciclo completo de uso que tendría el producto en la vida del usuario. Para esta tarea, la empatía es clave, porque es importante que el equipo no vea el uso del producto desde sus propios ojos, si no que desde los ojos del usuario objetivo. Así que las aproximaciones del método *design thinking* les pueden ser de mucha utilidad.

Lo que se busca obtener es un mapa, ruta, o diagrama de flujos de cómo el usuario se comporta desde que se da cuenta de sus necesidades hasta que logra acceder a los productos que le satisfacen dichas necesidades. Por ello, es recomendable que partan elaborando la ruta actual del usuario de cómo adquiere productos existentes y de cuáles son las barreras que se presentan en el proceso. Luego, deben realizar el mismo proceso para el producto que tu equipo ofrece, visualizando posibles puntos de integración del producto en la ruta que ya posee el usuario. Es decir, deben evitar

crearle un nuevo y distinto mapa de ciclo de uso de productos, porque probablemente no cambiarán el que ya poseen. Algunas preguntas que pueden ayudarles a guiar este proceso se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26: Preguntas básicas para determinar el ciclo de uso del producto.

Cuestionario de apoyo para determinar el ciclo de uso de tu producto	
•	¿Cómo determinan los usuarios que ellos tienen una necesidad?
•	¿Qué ruta actualmente siguen para satisfacer dicha necesidad?
•	¿Cómo sabrán, comprarán e instalarán tu producto?
•	¿Cómo determinarán el valor que ganan por usar tu producto?
•	¿Cómo les entregarán soporte, si algo en el producto falla por ejemplo?

III. Definir y validar propuesta de valor: luego de definir el perfil del producto y su ciclo de uso por parte del usuario objetivo, es el momento de estructurar la propuesta de valor ofrecida, es decir, explicitar qué es lo que gana el usuario al utilizar tu producto. A diferencia de la propuesta de valor cualitativa que implícitamente determinaron al momento de crear el perfil del producto, esta parte del proceso busca cuantificar dicho valor.

Una buena manera de representar claramente el valor generado para el usuario, es realizando una comparación del valor que actualmente obtiene el usuario por utilizar las alternativas existen, versus el valor que se obtendría por utilizar tu producto. Para esta estimación es de suma utilidad el ciclo de vida de uso del producto definido en el paso anterior, pues entrega un diagrama de flujo de cómo el usuario obtiene sus productos. Realizando esta cuantificación, podrán estimar cuánto mejor, cuánto más rápido o cuánto más barato es el producto ofrecido versus las versiones actuales, por esto, deben centrarse en las prioridades del usuario objetivo, es decir, en cómo se beneficia en eso que más desea, por ejemplo, reducir el impacto medioambiental, mejorar las ventas, reducir el tiempo de operación, etc

Adicionalmente, en esta parte del proceso deberían realizar la discusión sobre qué los vuelve diferente de la competencia, es decir, determinar su sello propio, ya que puede influir en la propuesta de valor que generan para el usuario. Por ejemplo, podrían caracterizarse por el potencial de las redes (como Facebook), por poseer los precios más bajos (como Walmart), por preocuparse por la experiencia del usuario (como Apple), por poseer un equipo de trabajo con capacidades únicas, por la propiedad intelectual (que usualmente caracteriza a los proyectos biotecnológicos), entre otros casos. Si bien ésta puede no ser una tarea fácil, es importante que el sello esté alineado a los intereses de todo el equipo, pues a medida que el proyecto crece deben reforzar su sello.

Una vez establecida la propuesta de valor, deben lograr validarla con al menos 10 usuarios/clientes nuevos que se ajusten al perfil de usuario objetivo creado en la etapa N°4, pues es un indicio de que van bien encaminado. De lo contrario, deberían regresar a los pasos anteriores para reformular su planteamiento. De esta manera, el proceso se vuelve iterativo como lo muestra la Figura 37, pues podrían necesitar cambios en las especificaciones del producto; con las características que establecieron no se resuelve la necesidad del usuario, cambios en el mapa de rutas del ciclo del producto; su propuesta no entra dentro de la cadena de valor del usuario, o cambios en la propuesta de valor en sí; los usuarios creen que no les otorga valor lo que ofrecen.

Hito de éxito de la primera parte

Esta etapa se considera concluida cuando, habiendo definido el perfil de producto y su ciclo de uso, el equipo logra establecer y validar, al menos con 10 personas, la propuesta de valor que el emprendimiento genera para los usuarios del mercado objetivo.

Lecturas sugeridas

- Bill Aulet. La disciplina del emprendedor. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 6 al 11)
- Eric Ries. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Crown Business. 2011. 336p.

8.1.1.2 Modelo de negocios parte N°2

Como se puede apreciar en la Figura 27, esta segunda parte debe ser ejecutada por los equipos posteriormente a haber validado técnica y comercialmente el prototipo de su producto (etapa N°8). No obstante, es aconsejable que antes de llegar a esta etapa vayan revisando y estudiando modelos de negocios de otras empresas del mismo rubro en el que estás trabajando con tu emprendimiento, puesto que les puede servir de orientación. Usualmente, el modelo definido depende fuertemente del tipo de proyecto que se trate, pues por ejemplo, un modelo de negocios para la venta de productos de uso directo en humanos (como la venta de un nuevo fármaco sintetizado por bacterias) no será el mismo que para la venta de producto de uso indirecto (como la producción de un plástico biodegradable). En el primer caso es importante considerar estudios clínicos en humanos que pueden extenderse por varios años y necesitar grandes inversiones, mientras que en el segundo caso, son necesarias otro tipo de pruebas de menor duración.

Una vez concluida la etapa N°8, como muestra la Figura 37, deberían iniciar los procesos de protección intelectual de su tecnología ante INAPI, u otras oficinas de protección industrial, si así lo proyectaron en la etapa N°4. Luego, para establecer qué estrategia de negocios implementar, deben escoger qué camino quieren seguir con su emprendimiento, pues tendrían la opción de:

Licenciar la tecnología: el equipo puede negociar con otras empresas los permisos para usar su tecnología a cambio de un pago. Como fue descrito en la sección de marco teórico, este es uno de los caminos que usualmente escogen las empresas centradas en I+D para rentabilizar la tecnología, por lo que requiere la protección intelectual.

Vender la tecnología: es un camino más radical, pues consiste en traspasar los derechos de la tecnología a terceros de manera completa y permanente, así que también necesitan previamente tener la protección intelectual. No obstante, usualmente este tipo de negociaciones puede desembolsar grandes sumas de dinero.

Implementar la tecnología: a diferencia de las opciones anteriores, en este caso es el mismo equipo de trabajo el que se hace cargo de implementar la tecnología para hacerla llegar al público, así que sería recomendable la protección intelectual. Si bien permite tener un mayor control de qué se produce, usualmente requiere nuevas inversiones de capital para la construcción de la infraestructura necesaria para poner en marcha, a gran escala, la tecnología.

Liberar: a diferencia de las otras alternativas, en este caso el equipo simplemente libera su tecnología, permitiendo que terceros puedan hacer uso de ella libremente, o con ciertas restricciones estipuladas por el equipo, por ejemplo, para uso no comercial. En este caso usualmente se encuentran otros tipos de licencia como las *Creative Commons* [108].

En resumen si desean rentabilizar la tecnología creada, deben haberla registrado en INAPI u otras oficinas de patentes, pues de otra manera no existirán garantías, por ejemplo, si se pretende licenciar o vender la tecnología a otras empresas. Si bien para los otros dos casos también es recomendable realizar la protección intelectual, esto queda a criterios del equipo de trabajo dependiendo de la estrategia que deseen continuar a futuro con su emprendimiento. Por este motivo es muy recomendable conversarlo entre todo el equipo, pues la decisión debe ajustarse a los principios e interés de cada uno de ellos.

Luego, si deciden licenciar, vender o implementar su tecnología, deben definir todos los otros aspectos estratégicos de relevancia para el modelo de negocios usando el método canvas diseñado por Alexander Osterwalder en el año 2004. La ventaja de este método es que permite describir de manera lógica, visual y sencilla la forma en que las organizaciones crean, entregan y capturan valor. Consiste en el diagrama de la Figura 32 que pueden utilizar para definir sus 9 módulos principales, descritos a continuación:

Segmentos de clientes: hasta el momento, los análisis han estado centrados en el usuario objetivo que haría uso del producto o servicio. Ahora es momento de definir claramente quién es el cliente del proyecto, es decir, determinar es quién es la persona o ente que eventualmente pagará por la solución, que podría coincidir con el usuario objetivo, pero no en todas las ocasiones es así.

Propuestas de valor: este módulo define la propuesta de valor que genera el producto o servicio para el cliente. En las secciones anteriores se mencionó cómo definirla.

Canales: básicamente consiste en determinar cómo se establece contacto con el cliente definido, es decir, que canales de distribución se usarán para ofrecer, vender y post-vender tu producto. En caso de que el cliente coincida con el usuario final, es de gran utilidad tener presente el ciclo de vida de producto diseñado anteriormente, pues facilita el mapeo del proceso de adquisición del producto por parte del cliente.

Relación con el cliente: consiste en definir qué tipo de relaciones se mantendrán con los clientes. Por ejemplo, relaciones cara a cara, por teléfono, vía correo electrónico, a través de terceros, personalizadas o colectivas, entre otras. El objetivo es determinar cómo se conectará tu propuesta de valor con las necesidades de tu cliente. Qué sensación buscas generar en el cliente. Puede ser de ayuda considerar cómo buscas diferenciarte.

Fuentes de ingresos: este módulo tiene por objetivo definir de dónde vendrán los ingresos del emprendimiento, ya sea de ventas directas, comisiones, licenciamiento, postulación a concursos, etc. Es decir, deben determinar cómo se sustentará económicamente el emprendimiento.

Recursos clave: corresponde a definir cuáles son los todos recursos claves que permitirán entregar la propuesta de valor (producto o servicio) sin problemas al cliente, es decir, determinar los elementos claves para relacionarse con el cliente, para mantener los canales de distribución y para obtener los ingresos. Estos elementos pueden referirse a recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos físicos (infraestructura, materiales, etc).

Actividades clave: este módulo básicamente consiste en establecer cuáles son las tareas más importantes para lograr entregar la propuesta de valor al cliente. Usualmente están asociadas a la manera en cómo la organización busca diferenciarse de la competencia.

Asociaciones claves: corresponde a definir cuáles serán aquellas organizaciones claves con las que se deben generar alianzas para que el emprendimiento funcione, es decir, que permitan conducir a una exitosa entrega de la propuesta de valor al cliente. Estas asociaciones pueden incluir, otras empresas, proveedores, socios inversores, laboratorios, centros de investigación, universidades, entre otras.

Estructura de costos: este módulo consiste en definir cuáles serán los costos de la empresa para todas las actividades y recursos necesarios que permitan entregar la propuesta de valor al cliente. Con esta estructura se podrá estimar cuánto es la cantidad de ingresos que necesita el emprendimiento para subsistir en el tiempo. En este módulo es útil considerar el presupuesto que deben diseñar en la etapa N°6.

Hito de éxito de la segunda parte

Esta etapa se considera concluida cuando el equipo tiene claridad de qué camino tomará su emprendimiento: licenciar, vender, implementar o liberar, para luego finalizar de establecer el modelo de negocios del emprendimiento usando el método canvas.

Lecturas sugeridas

- Bill Aulet. La disciplina del emprender. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 12,13, 15 al 19)
- Innovacion.cl. Metodología Canvas, una forma de agregar valor a sus ideas de negocios. [en línea] <<http://www.innovacion.cl/reportaje/metodologia-canvas-la-nueva-forma-de-agregar-valor>> [Consulta 02-12-2016]

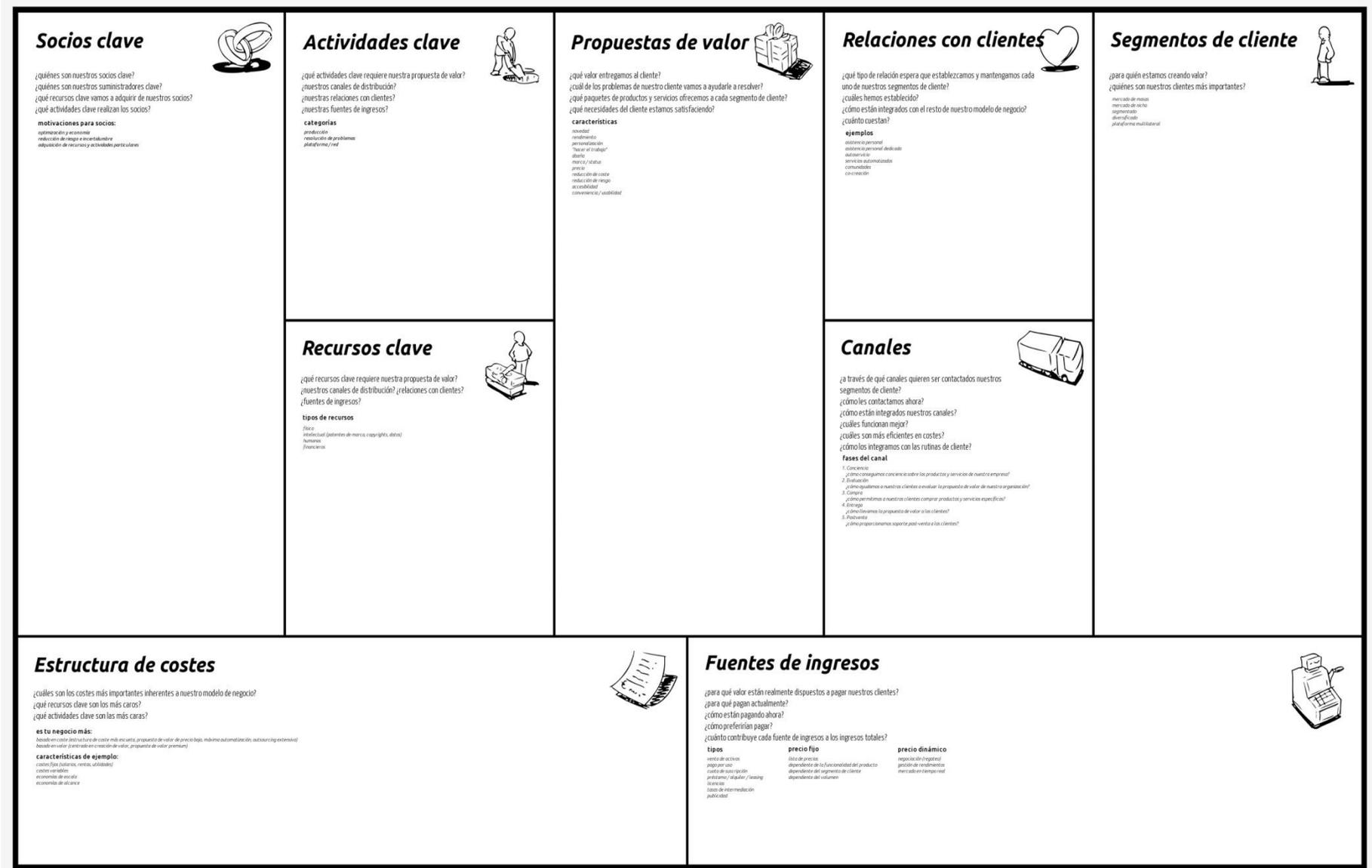


Figura 32: Lienzo canvas para el modelo de negocios. Extraído de innovación.ci [110].

F.7. Etapa N°6 - Diseñar el proyecto

Esta parte del proceso principalmente corresponde al diseño técnico de la propuesta de solución generada anteriormente. Por esta razón, antes de proseguir con el detalle de esta etapa, es de suma importancia haber terminado las secciones anteriores a conciencia, puesto que de lo contrario existirán altas probabilidades de que el producto o servicio diseñado no cumpla con las expectativas del usuario.

Como se aprecia en la Figura 37, esta etapa consta de varios pasos particulares que se engloban en 3 partes principales:

- I. **Diseñar técnicamente el proyecto:** se basa principalmente en traducir a componentes biológicos las especificaciones de tu producto y de la propuesta de valor generada en la etapa N°5
- II. **Evaluar impactos:** si bien ya se realizó una primera evaluación en la etapa N°4, en ese momento no contaban con la información técnica del sistema, que eventualmente podría conllevar impactos negativos por la combinación de *Biobricks* escogidos, por lo que éste sería el momento para discutir tales efectos.
- III. **Diseñar la estrategia experimental:** concierne en planificar las etapas experimentales necesarias para lograr la construcción genética diseñada en el paso anterior, es decir, establecer la metodología de ensamblaje del circuito genético diseñado.

I. Diseñar técnicamente el proyecto: de acuerdo a la Figura 37, esta parte se inicia con la determinación del diagrama de los estímulos, respuestas y organismos que requiere su sistema.

A continuación se definen algunos conceptos antes de continuar:

- **Chasis:** se define chasis al organismo base al que se le realizarán las modificaciones correspondientes. Puede corresponder a especies de bacterias, levaduras, células animales, células vegetales, entre otros.
- **Estímulos (*input*):** corresponde al conjunto de sucesos o variables del entorno a las que está expuesto el chasis. Puede corresponder a aumentos de temperatura, a luz, a concentraciones de compuestos químicos, acidez del medio, entre otros. En otras palabras, es lo que enciende o apaga a un circuito genético.
- **Circuito genético:** corresponde al conjunto de componentes moleculares y genéticos que regulan el procesamiento de la información contenida en los estímulos del entorno que inciden en el comportamiento del chasis.
- **Respuestas (*output*):** corresponde a la respuesta entregada por el chasis de acuerdo al resultado entregado por el procesamiento de la información en el circuito genético. La respuesta está asociada a manifestar alguna función genética como producción de proteínas fluorescentes, producción de compuestos químicos, entre otros.
- **Sistema biológico:** corresponde al conjunto de elementos anteriores funcionando de manera integral para que el chasis sea capaz de dar una respuesta regulada después de procesar el estímulo al que se vio expuesto.

En la Figura 33 se muestra un esquema que representa gráficamente la interacción de estos elementos.

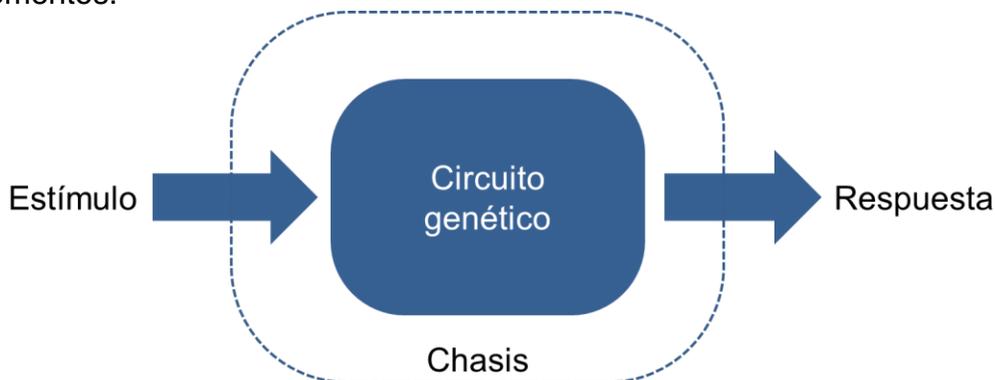
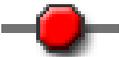


Figura 33: Sistema biológico constituido por la interacción del chasis (organismo) con los estímulos del entorno para entregar respuestas determinadas.

Estos estímulos y respuestas están asociados a combinaciones particulares de partes genéticas estandarizadas que determinan el comportamiento del sistema. Estas partes, también llamadas *Biobricks*, son unidades funcionales básicas, correspondientes a una secuencia de ADN que codifica para una función biológica específica. Puede tratarse de un promotor, de un sitio de unión a ribosoma (RBS por sus siglas en inglés), de un marco abierto de lectura (ORF por sus siglas en inglés) o de un terminador. Para cada una de estas partes puede encontrarse una gran variedad, por ejemplo, promotores capaces de reconocer compuestos químicos específicos o promotores que sean sensibles a la luz, por esta razón, en el Registro de iGEM, cada parte tiene asociado un código para ser identificada fácilmente.

Tabla 27: Partes genéticas básicas de un sistema biológico. Extraído de parts.igem.org.

Representación	Descripción
	Promotor: corresponde a zona de la secuencia genética (ADN) que indica donde comienza el proceso de transcripción. Es la parte que usualmente “sensa” el estímulo del entorno.
	RBS: corresponde a la zona del ADN donde se une el ribosoma para iniciar el proceso de traducción.
	ORF: corresponde a la secuencia de ADN que codifica para la proteína que posee una función específica. Es la parte que usualmente desencadena la respuesta.
	Terminador: es la zona de la secuencia de ADN que indica dónde finaliza la transcripción.

La ventaja de estas unidades básicas es que pueden ser combinadas, tal como si se tratara de piezas de legos, para crear dispositivos que ejecuten funciones biológicas más complejas. En la Figura 34 se muestra una representación de un dispositivo simple, formado por las 4 partes genéticas básicas que le permiten a una célula realizar una función particular, que depende del tipo de ORF que se trate.



Figura 34: Esquema de dispositivo, formado por las 4 unidades básicas necesarias para realizar una función. Extraído de parts.igem.org.

El conjunto de partes y dispositivos es lo que determina el circuito genético del sistema biológico. Para poder determinar esto, deben definir previamente cuáles son las funciones específicas que quieren que realice su sistema. Para ilustrar este ejercicio de concepción, se presenta un ejemplo en la Tabla 28 donde se muestra una propuesta de solución a la problemática identificada en la Tabla 22 junto a la determinación de los estímulos y respuesta correspondientes.

Tabla 28: Ejemplo ilustrativo de concepción de estímulos y respuestas.

Ejemplo
<p>Antecedentes encontrados: existen estudios que han intentado producir PLA, un tipo de plástico biodegradable, usando bacterias modificadas, pero el precursor del PLA es un monómero ácido que en grandes concentraciones tiene efectos negativos en el crecimiento celular, por ende no se logran grandes cantidades de plástico que permiten volver rentable el proceso de producción.</p> <p>Idea general de solución: producción biológica de PLA mediante la regulación interna de la acidez provocada por la alta presencia del monómero ácido. De esta manera se busca evitar el efecto nocivo de la acidez sobre el cultivo de bacterias para mantener una producción continua del plástico que permita obtener mayores cantidades de producción que las soluciones actuales.</p> <p>Microorganismo base: como primera opción se escoge como chasis el uso de alguna especie bacteriana por su rápido crecimiento y versatilidad. Por ejemplo, podría corresponder a bacterias <i>Escherichia coli</i> por estar bien caracterizado su comportamiento.</p> <p>Estímulos: por el momento, el principal estímulo es la acidez del medio externo.</p> <p>Respuestas: Cuando la acidez del medio se vuelva perjudicial para las bacterias, la regulación del circuito genético deberá detener la producción interna del monómero ácido para permitir que la acidez vuelva a un nivel seguro para mantener vivas las bacterias.</p>

Luego, como equipo deben esbozar un primer esquema de los distintos dispositivos que conformarán su circuito genético, explicitando en el diagrama las distintas interacciones que existen entre ellos. En la Figura 35 se muestra un ejemplo de representación del circuito genético asociado a los estímulos y respuestas definidos en la Tabla 28.

Para el ejemplo, si el pH es muy bajo (alta concentración de monómeros ácidos), entonces el promotor 1 de pH se activa, permitiendo la producción de la molécula A. De esta manera, el promotor 2 se ve reprimido y se evita la producción de la proteína que genera los monómeros ácidos. Pasado un tiempo, la concentración de los monómeros bajará, haciendo que el pH aumente (por ejemplo, sobre 5.5), por lo que el promotor 1 se reprime, evitando la producción de la molécula A, lo que consecuentemente permite que haya nuevamente producción de la proteína que fabrica los monómeros.

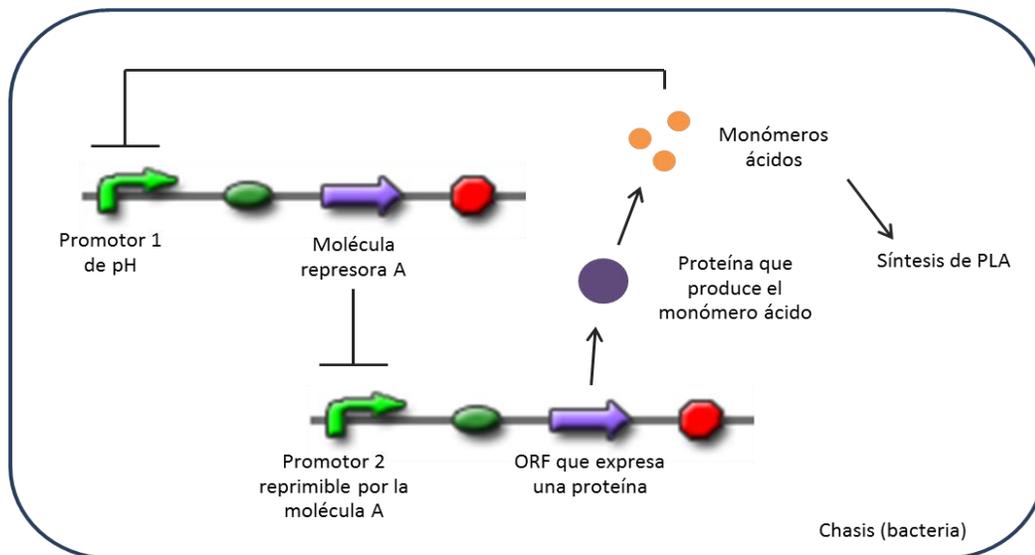


Figura 35: Circuito genético ilustrativo para regular la producción del monómero ácido precursor del plástico biodegradable.

Si bien el ejemplo no lo presenta, posteriormente, deben determinar exactamente a qué *Biobrick* específico corresponderá cada parte genética. Por ejemplo, para el RBS, podrían usar el registrado en el Repositorio de iGEM con código B0034. Adicionalmente, pueden aprovechar algunas herramientas de diseño asistido por computador que se han creado para facilitar este proceso. Pueden revisar los programas TinkerCell <www.tinkercell.com>, ApE <biologylabs.utah.edu/jorgensen/wayned/ape> o Genome Compiler <<http://www.genomecompiler.com/>>.

Como puedes apreciar en la Figura 37, esta parte del proceso abarca una revisión bibliográfica para interiorizarse de la descripción de las partes genéticas necesarias. Para esto es de gran valor el uso del Repositorio de Partes Biológicas Estandarizadas (parts.igem.org) que posee un catálogo de más de 20.000 partes genéticas documentadas que se han usado en el diseño de diversos proyectos de biología sintética como los de la Tabla 1. Además, el Repositorio contiene distintas herramientas biológicas, protocolos de experimentación e información básica para el diseño de regulaciones genéticas. También es útil la indagación en artículos científicos o libros que contengan información asociada a los estímulos y respuestas que debe cumplir su sistema.

Si el sistema que están diseñando es complejo, es decir, si abarca un gran número de dispositivos e interacciones, es requisito que como equipo realicen un modelo matemático de la regulación genética, pues variando sus distintos parámetros cinéticos les permite predecir cómo se comportaría el sistema una vez construido, entregándoles información muy valiosa para la selección de los *Biobricks* específicos que necesita su circuito genético. Por ejemplo, podría servirles para discriminar entre dos partes que realizan la misma función, pero a velocidades distintas.

De acuerdo a la Figura 37, este proceso de construcción se vuelve iterativo hasta haber establecido completamente el circuito genético, pues se va refinando a medida que se encuentra nueva información. Si bien este proceso podría iterar varias veces, para concluir el circuito genético se consideran como criterios de suficiencia los siguientes:

- Que el circuito genético cumpla, teóricamente, las funciones requeridas por el producto que estás creando para el usuario.
- Haber determinado específicamente todas las partes, es decir, saber el código de iGEM, o saber la secuencia nucleotídica en caso de que sea una parte genética de otra base de datos.
- Saber cómo va a funcionar el circuito diseñado, de acuerdo a los estímulos que recibe el chasis. Se pueden lograr aproximaciones bastantes cercanas a la realidad si se realiza un buen modelo matemático.

II. Evaluar impactos: una vez concluido el diseño anterior, manejarán la mayoría de los detalles técnicos de su sistema, es decir, se tienen nociones de cómo responderá el sistema biológico ante la problemática que se busca resolver.

Por este motivo, se considera pertinente que realicen una segunda evaluación de impactos antes de continuar al próximo paso, pues si bien ya realizaron una primera evaluación en la etapa N°4, en ese momento no contaban con la información técnica del sistema, que eventualmente podría conllevar impactos negativos por la combinación de *Biobricks* escogidos. Por ejemplo, podría darse el caso de que el equipo necesite integrar partes genéticas que expresan toxinas o componentes que puedan tener un impacto en el ambiente o en las mismas personas que manipularan el producto, por lo que éste sería el momento para anticiparse a esas posibles consecuencias negativas que pueda acarrear la puesta en marcha del proyecto, con el fin de realizar las modificaciones pertinentes en el diseño teórico del proyecto que puedan neutralizar o disminuir su efecto.

Como los emprendimientos que se intentan levantar con esta guía son de índole biotecnológica, se considera pertinente que se evalúen enfáticamente los aspectos bioéticos y de bioseguridad que conlleve el proyecto, ya que si es realizado a conciencia se podrían tomar las medidas necesarias para contrarrestar los posibles peligros. Por ejemplo, podrían incluir en el circuito genético un módulo específicamente encargado de la seguridad biológica del sistema que evite su propagación al entorno.

III. Diseñar la estrategia experimental: habiendo concluido el diseño del circuito genético que permite regular el procesamiento de la información, en esta etapa se debe realizar el diseño correspondiente de la estrategia experimental para definir claramente cuál es el proceso necesario de ensamblaje de las partes que permitan lograr la construcción genética diseñada.

Una estrategia experimental consta de varias etapas experimentales, las que pueden variar dependiendo del tipo y magnitud del proyecto que se trate. Por ejemplo, el procedimiento necesario no sería el mismo si se tratara de bacterias o de células animales, pues requieren condiciones diferentes de trabajo. Para definir las etapas experimentales se les sugiere hacer uso de algunas plataformas que contiene información útil de los protocolos y materiales que usualmente se usan en biología sintética, como el Repositorio de iGEM o la plataforma OpenWetWare <www.openwetware.org>. El resultado a obtener debe ser la elaboración de una carta Gantt de la metodología de ensamblaje, ya que esto les ayudará a identificar las actividades y experimentos, responsables y plazos necesarios para obtener cada uno de los resultados esperados.

Si bien para el ensamblaje de las partes biológicas existen diversas técnicas, a continuación se muestran las dos usualmente utilizadas en biología sintética.

Tabla 29: Ejemplos de técnicas de ensamblaje.

Técnica	Descripción
Ensamble 3A	Corresponde a una técnica de unión de dos partes biológicas mediante el uso de enzimas de restricción. Aprovecha el estándar de ensamblaje que está incorporado en todas las partes presentes en el Repositorio de iGEM. La ventaja de este sistema es que funciona bajo el principio de idempotencia, es decir, al fusionar dos partes cualquiera, el resultado es una nueva parte biológica que mantiene la estructura de las piezas originales, permitiendo iterar el ensamblaje de varias unidades para crear dispositivos complejos. No obstante, es un proceso que puede tomar un tiempo considerable, sobre todo si se desea construir circuitos genéticos de alta complejidad.
Ensamble por Gibson Assembly	A diferencia del ensamble 3A, esta técnica permite ensamblar múltiples piezas genéticas de una manera rápida y robusta (la reacción puede durar de 15 a 60 min). No obstante, previamente requiere del diseño de partidores genéticos específicos que permitan agregar zonas de homología a las partes que se desean unir para que la técnica funcione correctamente.

Finalmente, se les recomienda realizar un presupuesto aproximado de los costos asociados al proceso basándose en la carta Gantt diseñada, pues será de gran utilidad al momento de solicitar financiamiento en la etapa N°7. Por ejemplo, deberían hacer una estimación del costo que tendría realizar una reacción de Gibson Assembly y luego multiplicar por el número de reacciones aproximadas que necesitarían para lograr el ensamblaje de todo el circuito genético.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando se logra un diseño integral del proyecto, esto es, logrando la definición del circuito genético que controlaría la función biológica del sistema (producto o servicio) y de su evaluación de impactos. Sumado a lo anterior, los equipos deberían determinar la estrategia experimental de implementación, pues es un requisito antes de comenzar a prototipar en el laboratorio y a la búsqueda de fondos para costear los gastos asociados al prototipaje.

Lecturas sugeridas

- Repositorio de Partes Biológicas Estandarizadas. [en línea] <http://parts.igem.org/Main_Page> [Última visita 30/10/2016]
- J. Brophy, C. Voigt. Principles of genetic circuit design. Nature methods. 11(59): 508-520. 2014.
- Brian Ingalls. Mathematical Modelling in Systems Biology: An Introduction. Universidad de Waterloo. 2012. 396p
- R. Kelwick, J. MacDonald, A. Webb. Developments in the tools and methodologies of synthetic biology. Frontiers in bioengineering and biotechnology. 2(60):1-23p.

F.8. Etapa N°7 - Buscar recursos

Debido a que los proyectos de biotecnología se caracterizan por tiempos largos de ejecución, consecuentemente se necesita contar con grandes sumas de inversión para

llevar a cabo completamente un proyecto. Por este motivo, una vez definido el diseño teórico del proyecto, con tu equipo deberían comenzar a establecer la estrategia de financiación de su proyecto para lograr obtener los recursos necesarios que les permitan comenzar la validación experimental de su circuito genético diseñado.

Para esto deben comenzar a catastrar todas las oportunidades de financiamiento que se ajusten a la estrategia establecida, además, de ir buscando el lugar de trabajo apropiado para llevar a cabo sus experimentos: buscar un laboratorio, pues esto podría servir como antecedente positivo para el proceso. Por esta razón, es recomendable establecer alianzas claves con centros de investigación, universidades o plataformas que posean la infraestructura y elementos adecuados.

Si bien su estrategia podría basarse en buscar fondos públicos, fondos privados, pedir créditos u otras, es recomendable aprovechar todas las oportunidades que permitan obtener financiamiento para el proyecto. Sin embargo, es importante que esta estrategia esté alineada a los objetivos y principios del equipo para evitar conflictos internos. Entre estas opciones que disponen se encuentran:

- **Postulación a programas de apoyo:** como Start Up Chile <www.startupchile.org>, OpenBeauchef <www.openbeauchef.cl> o R2B catalyst <www.r2bcatalyst.com>.
- **Postulación concursos:** la gerencia de emprendimiento de CORFO pone a disposición distintos fondos que van desde los 10 a los 60 millones de peso.
- **Inversionistas ángeles:** corresponde a personas particulares que frecuentemente invierten en proyectos.
- **Créditos bancarios**
- **Capital propio:** ahorrando dinero propio o consiguiendo de familia y amigos.
- **Campañas de crowdfunding:** permiten realizar campañas de financiamiento colectivo mediante distintas plataformas web.

Si bien esta parte del proceso pareciera ser sencilla, no es inmediato lograr obtener financiamiento, así que constantemente se deben revisar la estrategia definida al inicio tal como lo muestra la Figura 37. Por esta misma razón, para esta parte del proceso se les sugiere preparar una presentación en formato *pitch*, pues es una manera breve de comunicar el proyecto ante posibles inversionistas u otros actores.

Luego de conseguir el financiamiento, como equipo deben proceder con la formalización legal de la organización. Para ello deben definir qué tipo de organización serán: ONG, Fundación, empresa, etc. Esto les permitiría gestionar con mayor claridad el uso de los dineros y las eventuales retribuciones que se puedan obtener si el proyecto resulta ser exitoso. De esta manera, se podrán evitar posibles conflictos internos a futuro. Para esto proceso pueden guiarse de la plataforma con la que Chile cuenta para facilitar este proceso <www.empresasenundia.cl>. También sería de gran utilidad contar con la asesoría de algún abogado.

Adicionalmente, deberían proceder con la compra de los reactivos, equipamiento, componentes genéticos y el resto de los elementos necesarios para continuar con la implementación experimental.

Hito de éxito

Básicamente, esta etapa se cumple cuando logran levantar el financiamiento necesario que les permita poder iniciar la próxima etapa de prototipaje y cuando legalmente formalizan su organización.

Lecturas sugeridas

- Academia ASECH. Manual de financiamiento para emprendedores. Santiago de Chile. 2014. 46p.
- Carmine Gallo. Presentation Secrets Of Steve Jobs. McGraw-Hill. 2010. 238p.

F.9. Etapa N°8 - Prototipar

Una vez conseguido el espacio y todos los elementos necesarios, en esta etapa deben llevar a la práctica todo lo diseñado anteriormente. No obstante, antes de comenzar el trabajo en el laboratorio, es importante que tengan en cuenta las condiciones de bioseguridad respectivas para el manejo de organismos y componentes genéticos, así que se les recomienda leer el manual de normas de bioseguridad creado por CONICYT.

Por un lado, deben validar técnicamente el proyecto, es decir, comprobar que el producto realiza la función para lo cual fue diseñado para luego tratar de generar un producto mínimo viable (PMV). Por otro lado, habiendo realizado a validación técnica, también es importante que puedan realizar una validación comercial del producto, en el sentido de verificar que la función del producto realmente vaya a satisfacer la necesidad del usuario. Pese a que en las primeras etapas se realizan varios estudios para validar el mercado, es esta etapa la que lo valida completamente en la práctica, pues se tendrá una representación física del producto (un PMV) y ya no sólo un simple folleto, con el que se puede salir buscar retroalimentación de los resultados para validar o descartar suposiciones que aún tenga el equipo, tal como postula Eric Ries.

Si bien en la Figura 37 se aprecia que esta etapa contiene menos número de pasos que las demás, esta es la etapa que mayor tiempo les tomará, principalmente debido a la complejidad intrínseca de los proyectos de biotecnología, pues requiere de harto trabajo experimental en el laboratorio para efectivamente lograr el ensamblaje del circuito genético diseñado. No obstante, si realizaron un buen diseño del proyecto y de la estrategia experimental, los tiempos de desarrollo podrían reducirse considerablemente, sobre todo si trabajan de manera *lean*, administrado correctamente los gastos del proyecto.

Esta es una etapa muy relevante para los proyectos de biotecnología, pues la implementación del diseño de la tecnología, permite reducir la incertidumbre o riesgo asociado a la propuesta de solución, lo que eventualmente puede llamar la atención de otros actores, como nuevos inversionistas.

Hito de éxito

Esta etapa se considera concluida cuando logren implementar técnicamente y validar comercialmente la propuesta de solución que diseñaron en las etapas anteriores.

Lecturas sugeridas

- CONICYT. Manual de normas de bioseguridad. 2ª ed. Santiago de Chile. 2008. 139p.

- Eric Ries. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Crown Business. 2011. 336p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprendedor. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 20 al 23)

F.10. Etapa N°9 – Continuar el viaje

Hasta este punto, deberían contar con un producto mínimo viable validado tanto técnicamente como comercialmente. Además, de haber concluido la segunda parte del modelo de negocios del emprendimiento, en el que deberían haber escogido si licenciar, vender, implementar o liberar su tecnología.

Si bien este no es el final de un emprendimiento, contar con un prototipo funcional y validado, les abre nuevas oportunidades. El cómo proseguir depende en gran medida de los intereses y estrategias que hayan establecido como grupo, puesto que el resto de los pasos para licenciar la tecnología a terceros, no son los mismos que dedicarse a implementar la tecnología o que venderla. No obstante, por los alcances de esta metodología, no se abordarán, pero a grandes rasgos se les presenta que les espera de aquí en adelante.

Licenciar: como en este caso permiten que la explotación de la tecnología la realicen terceros a cambio de un pago, obtendrán ingresos, por el tiempo que dure el contrato, que podrían utilizar para el desarrollo de nuevos proyectos.

Vender: si bien en este caso ceden completamente los derechos de su tecnología, si la negociación es con las grandes empresas, podrán obtener una retribución bastante llamativa de capital que podrán utilizar para lo que estimen conveniente.

Implementar: en este caso ustedes mismos se harían cargo del proceso de explotación de su tecnología, es decir, de fabricar el producto que diseñaron. Si bien esto les permite tener un mayor control en la cadena de producción y de cómo se le entrega el valor al usuario, requiere de esfuerzos extras, pues deberían conseguir nuevas inversiones que les permita construir las instalaciones necesarias para la producción en escala de su producto, además de la contratación de personal y de preocuparse de otros elementos.

Liberar: si piensan en rentabilizar su tecnología de manera exclusiva, puede que este no sea el camino más apropiado, puesto que en este caso la liberación está entendida a compartir el conocimiento con el resto de la comunidad.

Hito de éxito

Sencillamente, esta etapa final se concluye cuando leen las recomendaciones entregadas e inician la discusión de cómo proseguir en adelante.

Lecturas sugeridas

- DEFEM-ASECH. Manual de Defensa del Emprendedor. Santiago, Chile. 2015. 86p.
- Bill Aulet. La disciplina del emprendedor. New Jersey. John Wiley & Sons. 2013. 288p. (capítulos 14 y 24)

Anexo G. Resumen esquemático de la metodología diseñada

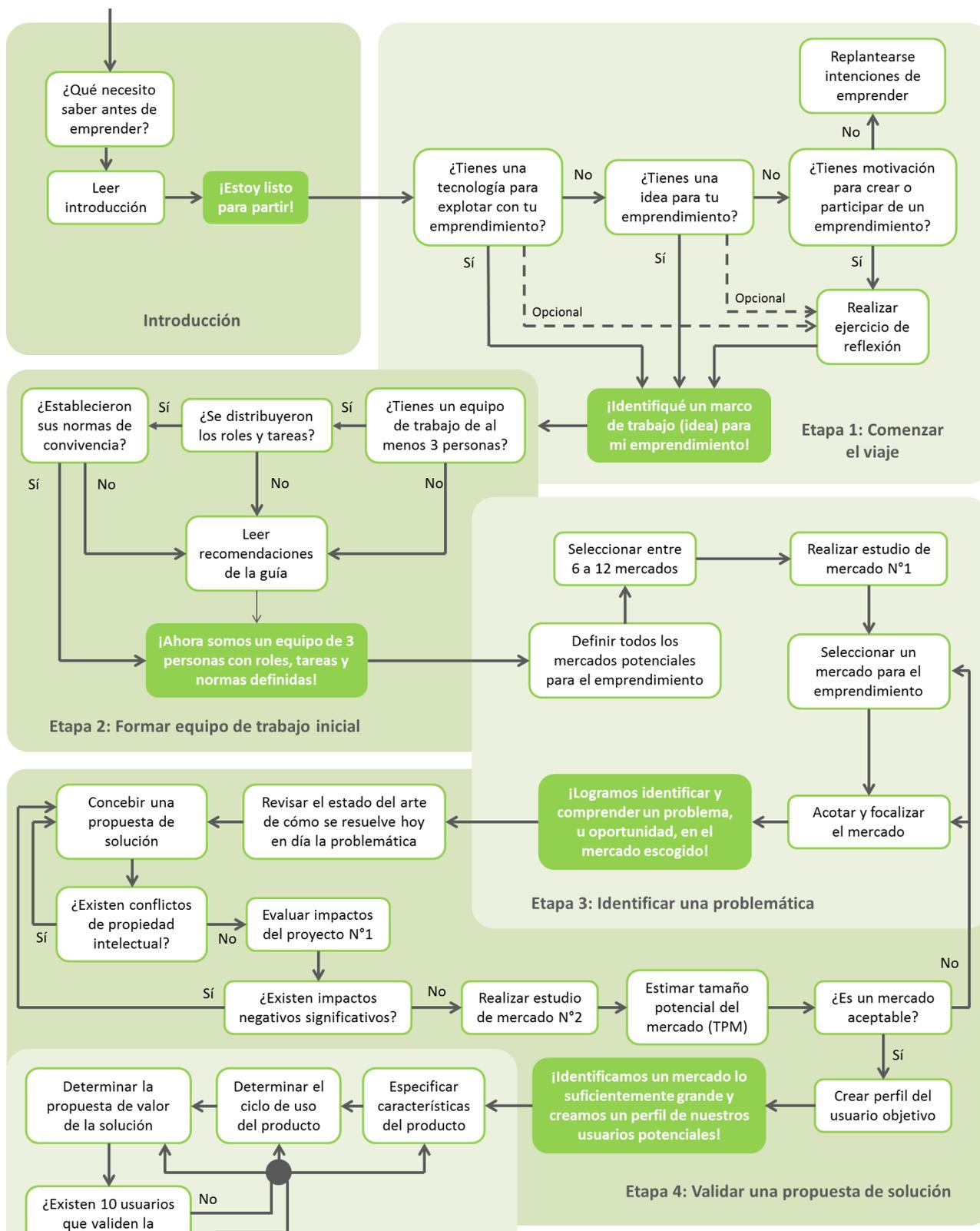


Figura 36: Resumen esquemático de los pasos principales de la metodología.

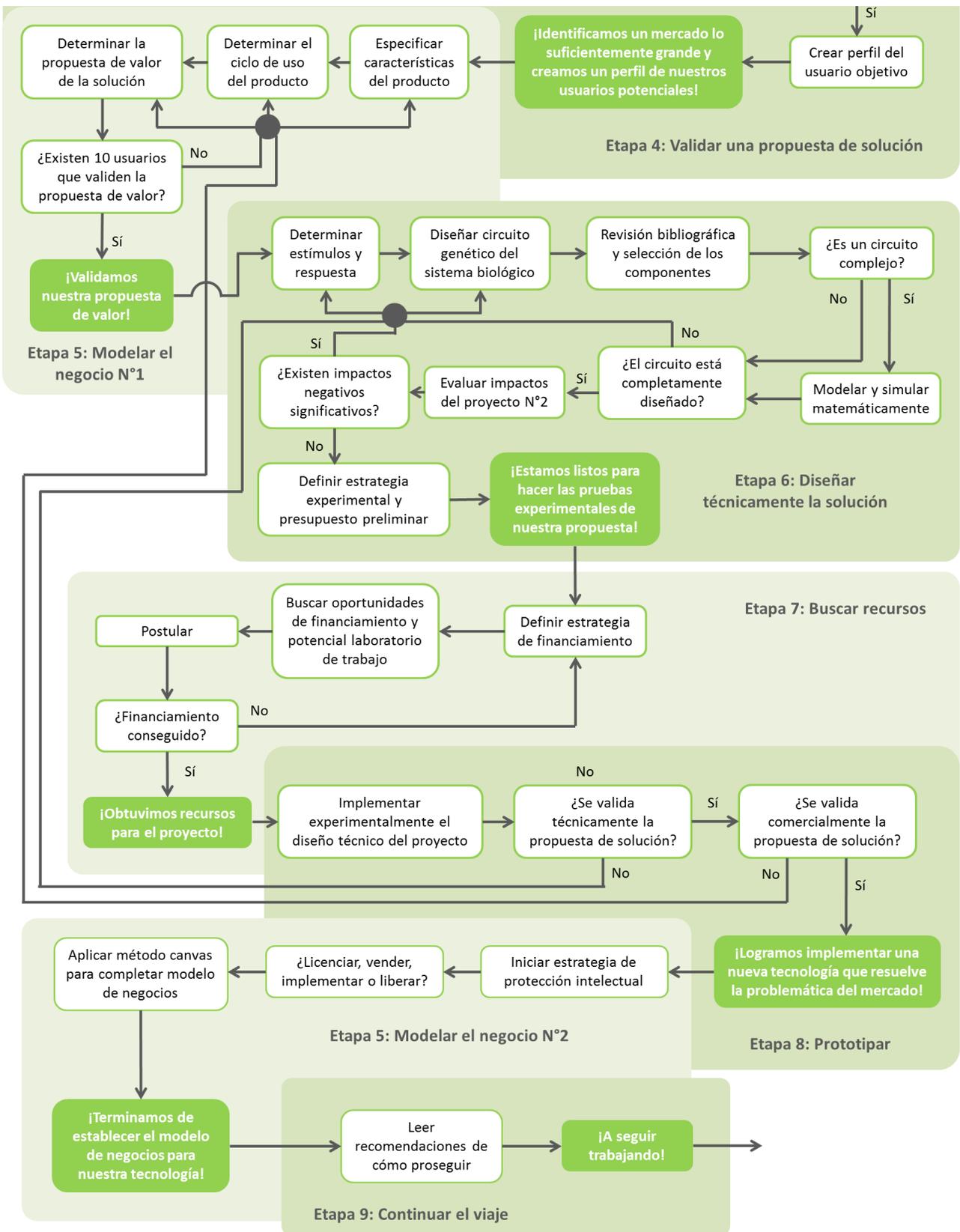


Figura 37: Resumen esquemático de los pasos principales de la metodología (continuación).